



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**SKRIPSI – ME141501**

**REVIEW DAN IMPROVEMENT PADA FMEA PLTU SUDIMORO PACITAN**

Hyoga Rio Pratama Ramadhan  
NRP 04211440000076

Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**SKRIPSI - ME 141501**

## **REVIEW DAN IMPROVEMENT PADA FMEA PLTU SUDIMORO PACITAN**

Hyoga Rio Pratama Ramadhan  
NRP 04211440000076

Supervisors  
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### REVIEW DAN IMPROVEMENT PADA FMEA PLTU SUDIMORO PACITAN

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance*(MOM)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Hyoga Rio Pratama Ramadhan**

NRP. 04211440000076

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

(  )

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

(  )

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### REVIEW DAN IMPROVEMENT PADA FMEA PLTU SUDIMORO PACITAN

#### TUGAS AKHIR


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance* (MOM)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Hyoga Rio Pratama Ramadhan**  
NRP. 0421144000076

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :

  
Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT.  
NIP. 197708022008011007

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Review dan Improvement pada FMEA PLTU Sudimoro Pacitan****Nama Mahasiswa : Hyoga Rio Pratama Ramadhan****NRP : 04211440000076****Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS****Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.****Dosen Pembimbing 2 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc****Abstrak**

Boiler adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan yang dapat digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga uap. Oleh karena itu boiler merupakan komponen penting dan harus selalu dicek kondisinya agar pasokan listrik yang dihasilkan dari PLTU dapat stabil karena apabila boiler mengalami kerusakan maka PLTU tidak dapat bekerja. Karenanya harus selalu dilakukan maintenance agar setiap komponen pada boiler dapat bekerja dengan semestinya. Maintenance dalam boiler dalam waktu ke waktu harus dilakukan peningkatan (improvement) agar dapat mencapai hasil yang maksimal dan sesuai dengan perubahan yang terjadi selama masa pakai benda tersebut

Metode yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah memakai software PM BASIS untuk menganalisa mode kegagalan yang ada pada komponen boiler pembangkit listrik tenaga uap. Dalam menganalisa mode kegagalan (FMEA) pada boiler pertama kita harus mendata apa saja kegagalan yang mungkin terjadi pada boiler tersebut. Setelah itu mendata apa saja yang mungkin menyebabkan kegagalan itu terjadi sehingga dapat dilakukan tindakan yang tepat apabila terjadi kegagalan pada komponen tersebut serta jadwal dari masing masing tindakan. PM Basis adalah sebuah software PMBD (Preventive Maintenance Basis Database) yang mana adalah sistem informasi yang berisi jadwal perawatan untuk komponen dan katup utama di fasilitas pembangkit tenaga listrik. Informasi ini sangat penting untuk memungkinkan fasilitas pembangkit listrik merencanakan dan memantau jadwal perawatan yang sangat dekat, bersamaan dengan mengendalikan dan mengelola biaya yang terkait dengan pembangkit tenaga..

Outcome yang dihasilkan dari penelitian ini adalah improvement dalam worksheet perawatan dan analisa failure rate pada komponen yang akan diaplikasikan pada PLTU UBJOM Sudimoro pacitan dengan harapan akan menambah efektivitas perawatan pada PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan dan berdampak pada peningkatan dalam maintenance di PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan.

Kata kunci : Boiler,FMEA,PLTU,Perawatan,improvement,PMDB

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**Improvement of FMEA Maintenance on Sudimoro Power Plant**

**Name of Student** : Hyoga Rio Pratama Ramadhan  
**NRP** : 04211440000076  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor 1** : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.  
**Supervisor 2** : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

**Abstract**

The boiler is an apparatus used to convert water into pressurized steam which can be used to rotate turbines on a steam power plant. Therefore boiler is an important component and must always check the condition so that the electricity supply generated from the steam power plant can be stable because if the boiler is damaged then the power plant can not work. Therefore should always be done maintenance so that every component on the boiler can work properly. Maintenance in the boiler over time should be improved (improvement) in order to achieve maximum results and in accordance with changes that occur during the life of the object

The method that the authors do in this study is to use PM BASIS software to analyze the failure modes that exist in boiler components of steam power plants. In analyzing the failure mode (FMEA) in the first boiler we have to record what failures may occur in the boiler. After that record what might cause the failure to occur so that appropriate action can be taken in the event of failure of the component and the schedule of each action. PM Basis is a PMBD (Preventive Maintenance Basis Database) software which is an information system that contains maintenance schedules for components and main valves at power plant facilities. This information is essential to enable power plant facilities to plan and monitor maintenance schedules very closely, together with controlling and managing costs associated with power generation.

Outcome resulting from this research is improvement in maintenance worksheet and failure rate analysis on components that will be applied to Power plant UBJOM Sudimoro pacitan in hopes will increase the effectiveness of treatment at Power plant UBJOM Sudimoro Pacitan and impact on improvements in maintenance at power plant UBJOM Sudimoro Pacitan.

**Keywords** : Boiler,FMEA,Power Plant,Maintenance,improvement,PMDB

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Azza Wa Jalla, yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Review dan Improvement pada FMEA PLTU Sudimoro Pacitan** dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Sri Wahyuningsih dan Bapak Haryono yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini serta mengingatkan untuk taat beribadah serta mendorong untuk menjadi pribadi yang lebih baik untuk kedepannya.
2. Saudara penulis Chikita Rizky Tanaya Duanda sebagai seorang adik yang dengan canda dan tawanya memberikan semangat bagi penulis.
3. Seluruh saudara, Paman, Bibi, Sepupu, Nenek yang telah memberikan semangat tanpa kenal lelah setiap hari selama penulis selama berkuliah di Surabaya.
4. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa wali dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, dan bekerjasama.
5. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing penulis dan dosen pengampu Laboratorium MOM yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan motivasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
6. Ir. Hari Prastowo, M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua sekaligus dosen pengampu Laboratorium MOM yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir, memberikan motivasi, dan pelajaran baik akademik dan non akademik berupa karakter, etika, dan sikap.
7. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T., Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng., Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., Ir. Agoes Santoso, M.Sc. yang telah membimbing penulis dalam mata kuliah Desain I, II, III, dan IV serta seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
8. Bapak Prof. Daniel M. Rosyid PhD, M.RINA, Bapak Agro Wisudawan S.T., M.T dan seluruh keluarga besar maupun alumni UKM Maritime Challenge yang

telah menjadi bagian dari pembelajaran dan pengembangan diri penulis terkait sikap, etika, profesionalitas, dan banyak hal baru.

9. Seluruh kawan-kawan pejuang tugas akhir yaitu Alif Bagas, Sekar, Nicholas, Firman, Himawan, Panji, Saiful, dll, yang telah saling menyemangati dan berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir.
10. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14 yaitu Soleh, Saiful, Rio, Adi, Mayong, Alif Yudha, Trisatya, Suud, Ardany, Rheza, Horas, Alam, Hanifan, Irsat, Reggi, Noval dan teman-teman angkatan yang telah menjadi teman dan bagian dari pengalaman penulis.
11. Seluruh member MOM yang telah menjadi rekan dan tempat belajar bagi penulis selama menjadi member MOM.
12. Seluruh rekan-rekan seperjuangan di UKM Maritime Challenge ITS, yaitu Haikal, Alif Yudha, Hafiz, Diago, Ericza, Luthfi, Nico, dan rekan-rekan lainnya untuk tahun-tahun kepengurusan UKM yang penuh semangat dan canda tawa.
13. Seluruh kakak tingkat BISMARCK '12 dan BARAKUDA '13 yang telah memberikan teladan dan bagian dari pengalaman penulis dalam belajar menjadi mahasiswa dan anggota yang baik di lingkungan HIMASISKAL.
14. Seluruh adik-adik angkatan SALVAGE'15, VOYAGE'16, dan teman-teman IMPACTS Surabaya yang menjadi kawan selama menempuh pendidikan di ITS.
15. Amanda Rizky Utami Fisika ITS POSITRON'15 yang sudah menjadi partner dan adik dikala senang dan susah serta menemani saat dibutuhkan, untuk semua bantuannya dan tawa serta motivasi yang diberikan.
16. Mas Ikhwan Tulus dan Mas Bachtiar Alam atas bimbingannya dalam hal perawatan boiler UBJOM PLTU Sudimoro Pacitan serta yang mengusulkan untuk pekerjaan saya di PLTU menjadi Tugas Akhir.
17. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan.

Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

## Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
Ringkasan/Excecutive Summary.....	1
Bab 1 Pendahuluan.....	2
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Problem Overview.....	7
2.2 Boiler.....	11
2.3 Mill Boiler.....	13
2.4 Reliability,Availability, dan Maintainability.....	17
2.5 Software PM Basis dan FMEA.....	19
Bab 3 Metodologi Penelitian.....	42
3.1 Overview.....	42
3.2 Penjelasan Flowchart.....	43
Jadwal Pelaksanaan.....	46
Bab 4 Pengolahan Data.....	47
4.1 Identifikasi Penyebab dan Perhitungan RPN.....	47
4.2 Pembuatan Failure Defense Task.....	54
4.3 Melakukan Review Terhadap FMEA Terdahulu dan Membandingkan Dengan FMEA Yang Diusulkan.....	58
Bab 5 Kesimpulan dan Saran.....	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	71
Daftar Pustaka.....	72
Lampiran.....	73
Biodata Penulis.....	118

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Boiler.....	14
Gambar 2.2: Mill/Pulverizer.....	15
Gambar 2.3. Bagian atas dari boiler.....	16
Gambar 2.4. CCS jalur batubara dari bunker ke furnace boiler.....	17
Gambar 2.5. P and ID System dari sistem boiler.....	18
Gambar 2.6. Fsilure Mode Kategori 1.....	36
Gambar 2.7. Failure Mode Kategori 2.....	36
Gambar 2.8. Failure Mode Kategori 3.....	36
 Gambar 3.1. Flowchart Pengerjaan.....	 42

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Contoh FMEA Pada Industri Kepala Silinder.....	6
Tabel 2.2: Penjelasan Kolom Pada Worksheet FMEA.....	9
Tabel 2.3: Contoh Worksheet FMEA.....	10
Tabel 2.4: Perbandingan RPN Sebelum dan Setelah Dilakukan FMEA Pada Water Tube Boiler.....	10
Tabel 2.5: Ranking Severity dalam RPN.....	29
Tabel 2.6: Ranking Occurrence dalam RPN.....	30
Tabel 2.7: Ranking Detectability dalam RPN.....	32
Tabel 2.8: Penjelasan Kolom Pada Worksheet FMEA.....	33
Tabel 2.9: 9 FMEA Form PT PJB Sudimoro Pacitan.....	36
Tabel 2.10: Functional Failure.....	41
Tabel 4.1: Ranking Severity.....	48
Tabel 4.2: Ranking Occurrence.....	49
Tabel 4.3: Ranking Detection.....	50
Tabel 4.4: RPN dari tiap mode kegagalan yang terjadi pada Pulverizer.....	53
Tabel 4.5: Failure Defense Task dari tiap mode kegagalan yang terjadi pada Pulverizer.....	57
Tabel 4.6: FMEA Classifier dan Coal Pipe Pulverizer Tahun 2016.....	58
Tabel 4.7: Usulan FMEA Classifier dan Coal Pipe Pulverizer.....	59
Tabel 4.8: FMEA Lubrication Oil Pulverizer 2016.....	60
Tabel 4.9: Usulan FMEA Lubrication Oil Pulverizer.....	60
Tabel 4.10: FMEA Gear Box Pulverizer 2016.....	61
Tabel 4.11: Usulan FMEA Gear Box Pulverizer.....	61
Tabel 4.12: FMEA Mill tahun 2016.....	63
Tabel 4.13: Usulan FMEA Mill.....	65
Tabel 4.14: FMEA Mill Motor Tahun 2016.....	67
Tabel 4.15: Usulan FMEA Mill Motor.....	68

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## Ringkasan / Executive Summary :

Boiler adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan yang dapat digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga uap. Oleh karena itu boiler merupakan komponen penting dan harus selalu dicek kondisinya agar pasokan listrik yang dihasilkan dari PLTU dapat stabil karena apabila boiler mengalami kerusakan maka PLTU tidak dapat bekerja. Karenanya harus selalu dilakukan maintenance agar setiap komponen pada boiler dapat bekerja dengan semestinya. Maintenance dalam boiler dalam waktu ke waktu harus dilakukan peningkatan (improvement) agar dapat mencapai hasil yang maksimal dan sesuai dengan perubahan yang terjadi selama masa pakai benda tersebut

Metode yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah memakai software PM BASIS untuk menganalisa mode kegagalan yang ada pada komponen boiler pembangkit listrik tenaga uap. Dalam menganalisa mode kegagalan (FMEA) pada boiler pertama kita harus mendata apa saja kegagalan yang mungkin terjadi pada boiler tersebut. Setelah itu mendata apa saja yang mungkin menyebabkan kegagalan itu terjadi sehingga dapat dilakukan tindakan yang tepat apabila terjadi kegagalan pada komponen tersebut serta jadwal dari masing masing tindakan. PM Basis adalah sebuah software PMBD (Preventive Maintenance Basis Database) yang mana adalah sistem informasi yang berisi jadwal perawatan untuk komponen dan katup utama di fasilitas pembangkit tenaga listrik. Informasi ini sangat penting untuk memungkinkan fasilitas pembangkit listrik merencanakan dan memantau jadwal perawatan yang sangat dekat, bersamaan dengan mengendalikan dan mengelola biaya yang terkait dengan pembangkit tenaga..

Outcome yang dihasilkan dari penelitian ini adalah improvement dalam worksheet perawatan dan analisa failure rate pada komponen yang akan diaplikasikan pada PLTU UBJOM Sudimoro pacitan dengan harapan akan menambah efektivitas perawatan pada PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan dan berdampak pada peningkatan dalam maintenance di PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan

## **BAB 1 Pendahuluan**

### **1.1 Latar Belakang**

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah salah satu metode analisa failure/potensi kegagalan yang diterapkan dalam pengembangan produk, system engineering dan manajemen operasional<sup>1</sup>

Kadang-kadang FMEA diperpanjang untuk FMECA untuk menunjukkan bahwa analisis kekritisian dilakukan juga. FMEA adalah penalaran induktif (logika maju) titik analisis kegagalan dan adalah tugas inti dalam rekayasa keandalan , teknik keselamatan dan rekayasa kualitas .Rekayasa kualitas khusus peduli dengan "Proses" (Manufaktur dan Majelis) jenis FMEA.

Kegiatan FMEA membantu untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial berdasarkan pengalaman dengan produk sejenis dan dari logika kegagalan. Hal ini banyak digunakan dalam pengembangan dan manufaktur industri di berbagai tahapan siklus hidup produk. Analisis Efek berfungsi mempelajari konsekuensi dari kegagalan-kegagalan pada tingkat sistem yang berbeda.

Sebagai salah satu produsen listrik terbesar, PT PJB perlu melakukan maintenance pada setiap peralatan yang dimiliki pada pembangkit untuk menjamin ketersediaan suplai listrik secara terus menerus. Oleh karena itu perlu adanya prosedur perawatan yang baik khususnya pada pembangkit 1 PJB Pacitan di Desa Sudimoro yang sedang kami teliti saat ini.

Outcome yang dihasilkan dari penelitian ini adalah improvement dalam worksheet perawatan dan analisa failure rate pada komponen yang akan diaplikasikan pada PLTU UBJOM Sudimoro pacitan dengan harapan akan menambah efektivitas perawatan pada PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan dan berdampak pada peningkatan dalam maintenance di PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan

### **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Jenis dan bentuk kerusakan apa yang sering dan mungkin terjadi pada mill boiler PLTU dan apa saja penyebabnya?

---

[1] <sup>1</sup> Janakiram, M. and Keats, J. B. (1995), "The use of FMEA in process quality improvement", International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Volume 2, Issue 1, pp. 103-115.

2. Bagaimana upaya yang dilakukan untuk menangani kerusakan tersebut?
3. Bagaimana usulan perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya kerusakan tersebut?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Komponen yang ditinjau hanyalah komponen pada Mill/Pulverizer pada boiler
2. Penelitian dilakukan di PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan.
3. Data yang dipakai adalah data tahun 2016-17

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis cacat dan mengetahui penyebab terjadinya kecacatan pada komponen boiler PLTU.
2. Mengetahui upaya yang dilakukan oleh PT PJB dalam menangani kerusakan yang terjadi.
3. Memberikan usulan perbaikan dengan tujuan meningkatkan kualitas maintenance pada boiler
4. Melakukan review terhadap worksheet tahun sebelumnya

### 1.5 Luaran Tugas Akhir

Luaran tugas akhir ini adalah updated maintenance strategy berdasar review dari worksheet tahun sebelumnya yang diimprove dengan software PM BASIS

### 1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cacat dan kegagalan apa saja yang mungkin terjadi pada komponen sebuah boiler.
  2. Review worksheet dari tahun sebelumnya dan mengimprove dengan PM BASIS.
  3. Mengetahui jenis perawatan apa saja yang harus dilakukan pada masing masing kerusakan yang terjadi.
  4. Metode yang efektif untuk mengevaluasi dampak dari perubahan yang diusulkan untuk desain dan / atau prosedur operasional.
- Sebuah dasar untuk prosedur pemecahan masalah dalam komponen boiler dan untuk mencari pemantauan kinerja dan pendeteksi kesalahan pada komponen



## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Problem Overview**

Boiler adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan yang dapat digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga uap. Oleh karena itu boiler merupakan komponen penting dan harus selalu dicek kondisinya agar pasokan listrik yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dapat stabil karena apabila boiler mengalami kerusakan maka PLTU tidak dapat bekerja. Karenanya harus selalu dilakukan maintenance agar setiap komponen pada boiler dapat bekerja dengan semestinya. Maintenance dalam boiler dalam waktu ke waktu harus dilakukan peningkatan (improvement) agar dapat mencapai hasil yang maksimal, oleh karena itu perlu dilakukan review terhadap worksheet yang sudah ada dan berusaha dilakukan peningkatan. Metode yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) memakai software PM BASIS untuk menganalisa mode kegagalan yang ada pada komponen boiler pembangkit listrik tenaga uap.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metodologi dalam pengembangan produk dan manajemen operasi untuk menganalisis mode kegagalan potensial dalam sistem untuk dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan kegagalannya. Aktivitas FMEA yang sukses membantu tim mengidentifikasi mode kegagalan potensial, berdasarkan pengalaman masa lalu dengan produk atau proses yang sama<sup>2</sup>. Disiplin FMEA dikembangkan di Militer Amerika Serikat. Prosedur Militer MIL-P-1629, berjudul "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis", tertanggal 9 November 1949. FMEA adalah Metodologi Desain Formal pada tahun 1960 oleh industri dirgantara, dengan persyaratan keandalan dan keselamatan yang jelas. Pada akhir 1970-an, Ford Motor Company memperkenalkan FMEA ke industri otomotif untuk pertimbangan keselamatan dan peraturan. Mereka juga menggunakannya untuk meningkatkan produksi dan desain. FMEA

---

<sup>2</sup> Swapnil B. Ambekar, Ajinkya Edlabadkar, Vivek Shrouty, 2013, A Review: Implementation of Failure Mode and Effect Analysis

telah diadopsi di banyak tempat, seperti: Industri Aerospace, Militer, Mobil, Listrik, Mekanik, dan Semi-konduktor<sup>3</sup>.

Teknik FMEA juga diterapkan pada industri kepala silinder. Ada berbagai operasi dan proses yang dilakukan oleh berbagai mesin untuk pembuatan sepala silinder. Pembuatan muka, mengebor dan mengetuk adalah operasi manufaktur utama dari kepala silinder. Berikut ini adalah operasi manufaktur yang dilakukan pada kepala silinder<sup>4</sup> :

- Bottom Face Finish
- Top Face Finish
- Inlet & Exhaust face finish
- Front & rear side face finish
- Top Side
- Bottom Side
- Inlet & Exhaust face Drilling
- Water Outlet Face Drilling
- Core Plug Drilling
- Injector Bore

PROCESS FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS		
Part / Product No. : X-Cylinder Head	Key Contact Person : ***	Doc. No. : X/FMEA/**
Part / Product Description : Engine Cylinder Head	Key Contact : ****	Rev. No. :
Customer Name (If any) : ***	Core Team : ****	Revision Date :
Customer Drawing No. (If any) : ***		
Other Details (if any) :		

<sup>3</sup> Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant

<sup>4</sup> Tejaskumar S. Parsana, Mihir T. Patel, A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry

Operation No.	Process Description	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	SEV.	Potential Causes	OCC.	Current Control Prevention	Current Control Detection	DET.	RPN
1	Bottom Face Finish	Height $\pm$ then specification	Smoke problem, Fuel problem	6	Improper Setting, Improper material removal	2	Process drawing, work instruction, first piece inspection	Inprocess inspection (inspect 1 after 5)	3	36
		Flatness out of specification	Fitment problem & functional problem	6	Improper setting, Improper tool select	2		100 % inspection	1	12
2	Top Face Finish	Height $\pm$ then specification	Oil leakage problem, Function problem at customer end	6	Improper Setting, Improper material removal	2	Process drawing, work instruction, first piece inspection	Inprocess inspection (inspect 1 after 5)	3	36
		Flatness out of specification	Fitment problem & functional problem		Improper setting, Improper tool select	2		100 % inspection	1	12

Tabel 2.1 Contoh FMEA Pada Industri Kepala Silinder(Sumber : Tejaskumar S. Parsana,Mihir T. Patel, A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry)

<b>Worksheet ID</b>	Nomor dari worksheet yang dikerjakan
<b>Main System/System/Sub-System:</b>	Penjelasan singkat tentang bagian-bagian sistem yang diteliti dipecah menjadi beberapa tingkatan.
<b>Reference Drawing:</b>	Nomor dari gambar yang sedang dianalisa
<b>1 Code/Ref.</b>	Nomor identifikasi nomor urut atau referensi untuk setiap item ditetapkan untuk tujuan penelusuran dan dimasukkan ke dalam lembar kerja.
<b>2 Item</b>	Nama atau nomenklatur dari fungsi item atau sistem yang dianalisis untuk mode dan efek kegagalan dicantumkan.
<b>3 Function</b>	Pernyataan ringkas fungsi yang dilakukan oleh item perangkat keras.
<b>4 Operation Mode</b>	Modus operasional dimana terjadi kegagalan.
<b>5 Failure Modes</b>	Modus kegagalan yang dapat diprediksi untuk setiap tingkat sistem yang dianalisis akan diidentifikasi. Modus kegagalan potensial akan ditentukan dengan memeriksa keluaran barang dan keluaran fungsional yang diidentifikasi dalam diagram blok dan skema yang sesuai.
<b>6 Failure Causes</b>	Penyebab yang paling mungkin terkait dengan modus kegagalan diasumsikan akan diidentifikasi dan dijelaskan. Karena mode kegagalan mungkin memiliki lebih dari satu penyebab, semua kemungkinan penyebab independen untuk setiap mode kegagalan akan diidentifikasi.
<b>7 Failure Effects</b>	Konsekuensi dari masing-masing modus kegagalan yang diasumsikan pada operasi barang, fungsi, atau status akan diidentifikasi, dievaluasi, dan dicatat. Kegagalan yang dipertimbangkan dapat mempengaruhi

	<p>beberapa tingkat sistem di samping tingkat sistem yang dianalisis; Oleh karena itu, komponen "", "subsistem", dan "sistem" akan dievaluasi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <u>Komponen</u>. Efek komponen berkonsentrasi secara khusus pada dampak yang diasumsikan pada mode kegagalan pada operasi dan fungsi item di tingkat sistem yang sedang dipertimbangkan. Konsekuensi dari setiap kegagalan yang diasumsikan mempengaruhi item dijelaskan bersamaan dengan efek orde kedua yang mungkin terjadi.</li> <li>◆ <u>Subsistem</u>. Efek subsistem berkonsentrasi pada efek yang diasumsikan bahwa kegagalan pada operasi dan fungsi item pada tingkat sistem berikutnya dan lebih tinggi di atas tingkat sistem yang sedang dipertimbangkan. Konsekuensi masing-masing yang diasumsikan oleh kegagalan yang mempengaruhi tingkat sistem yang lebih tinggi yang akan dijelaskan kedepannya</li> <li>◆ <u>Sistem</u>. Efek sistem mengevaluasi dan menentukan efek total yang dimiliki kegagalan pada operasi, fungsi, atau status sistem utama.</li> </ul>
<b>8 Failure Detection</b>	<p>Penjelasan tentang metode dimana terjadinya mode kegagalan terdeteksi oleh operator akan dicatat. Deteksi kegagalan berarti, seperti visual, perangkat alarm, atau tidak, akan diidentifikasi.</p>
<b>9 Compensating Provisions:</b>	<p>Ketentuan kompensasi, redundansi peralatan, respons sistem kontrol, atau tindakan operator, yang menghindari atau mengurangi efek kegagalan.</p>

<b>10 Testing</b>	Deskripsi pengujian khusus yang diperlukan sehubungan dengan mode kegagalan dan / atau konsekuensinya.
<b>11 Remarks</b>	Bidang tambahan di mana ada ucapan dapat dibuat mengenai rekomendasi atau pertimbangan lainnya.
<b>12 Severity Classification</b>	Klasifikasi keparahan berdasarkan dampak kegagalan kemampuan DP. Klasifikasi keparahan dapat terdiri dari tiga unsur: 1. Tingkat keparahan; 2.Managemen Kegagalan Operator; 3.Batasan Redundansi.

Tabel 2.2 Penjelasan Kolom Pada Worksheet FMEA (Sumber : IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA))

Worksheet No.	Date :	Compiled By :
Main System :	System :	Subsystem :
Reference Drawing :		
1 Code/Ref.		
2 Item		
3 Function		
4 Operational Mode		
5 Failure Modes		
6 Failure Causes		
7 Failure Effects: Component/Subsystem/ System		
8 Failure Detection		
9 Compensating Provisions		

10 Testing				
11 Remarks				
12 Severity Class				

Tabel 2.3 Contoh Worksheet FMEA (Sumber : IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA))

FMEA juga digunakan untuk meningkatkan performa pada water tube boiler Suratgarh Super Thermal Power Plant (SSTPS) yang merupakan Pembangkit Listrik Termal Super Pertama di Rajasthan India. Dengan total kapasitas terpasang yang direncanakan adalah 1500 MW. Dimana table berikut Menunjukkan perbandingan RPN sebelum dan sesudah penerapan FMEA

	Occurrence	Severity	Detection	RPN
RPN Sebelum	7	9	5	3,15
RPN Sesudah	6	9	5	2,70

Tabel 2.4 Perbandingan RPN Sebelum dan Setelah Dilakukan FMEA Pada Water Tube Boiler (Sumber : Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant)

Dari tabel di atas, setelah menerapkan FMEA pada Water Tube Boiler, RPN yang dihitung menjadi berkurang dan rekomendasi tindakan harus dilakukan sehingga terjadi pengurangan terjadinya mode kegagalan dan tingkat keparahan di Water Tube Boiler. Telah terlihat bahwa ada banyak mode kegagalan kritis pada boiler, namun, hanya kegagalan Water Tube yang dipertimbangkan karena Water Tube adalah bagian yang paling kritis dan serius dari boiler. Kegagalan ini mempengaruhi kinerja boiler dan pembangkit listrik. Disimpulkan Nomor Prioritas Resiko (RPN) tabung ketel

berkurang setelah dilakukan beberapa rekomendasi dari analisa FMEA yang dilakukan<sup>5</sup>.

FMEA Juga diaplikasikan di Serbia dimana permasalahan yang terjadi ada pada maintenance dan life cycle dari bus umum yang terdapat disana Salah satu alat terbaik untuk menyelesaikan masalah tersebut, adalah metode FMEA. FMEA sangat efisien jika diterapkan dalam analisis elemen yang menyebabkan keseluruhan kegagalan sistem. Namun, bisa sangat rumit dalam kasus sistem kompleks (seperti kendaraan), yang memiliki banyak fungsi dan terdiri dari sejumlah komponen, karena berbagai informasi mengenai sistem harus dipertimbangkan<sup>6</sup>. Hasil dari aplikasi FMEA pada industri bus di Serbia adalah :

- kepuasan lebih bagi pengguna;
- peningkatan efisiensi pembangunan (waktu dan biaya);
- mendokumentasikan, memberi peringkat berdasarkan kepentingan dan mengkomunikasikan potensi risiko secara eksplisit kepada anggota tim, pemasok, manajemen, klien;
- comprehensibility - kemungkinan untuk penilaian sistematis terhadap rasio antara penyebab dan konsekuensi kegagalan spesifik, serta menunjuk pada mode kegagalan yang memiliki efek yang sangat tidak diinginkan pada fungsi sistem<sup>7</sup>.

Salah satu software untuk melakukan analisis FMEA adalah PM BASIS dimana software PM BASIS pada awalnya digunakan pada pembangkit nuklir Amerika Serikat yang berencana mengurangi biaya pemeliharaan preventif (PM) dan memperbaiki kinerja peralatan serta memberikan informasi mendetail tentang tugas dan interval tugas yang paling tepat untuk yang penting jenis peralatan, sedangkan akuntansi untuk pengaruh fungsional, siklus kerja (duty cycle) dan kondisi

---

<sup>5</sup> Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant)

<sup>6</sup> Vladimir Popović, Branko Vasić, Miloš Petrović, The Possibility for FMEA Method Improvement and its Implementation into Bus Life Cycle

<sup>7</sup> Vladimir Popović, Branko Vasić, Miloš Petrović, The Possibility for FMEA Method Improvement and its Implementation into Bus Life Cycle



pelayanan. Data ini tidak ada sebelumnya dalam bentuk yang mudah diakses, sehingga sering suatu perawatan tidak dilakukan pada tempatnya dan salah sasaran sehingga ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) mengembangkan suatu software bernama PM BASIS yang mengumpulkan data untuk menjadi sekumpulan informasi yang mencakup ringkasan interpretasi pengalaman pembangkit listrik pada pemeliharaan preventif untuk setiap jenis komponen. Setiap laporan berisi semua tugas PM, interval tugas, pertimbangan tugas, dan pengaruh terpenting pada kerusakan dan perawatan peralatan untuk komponen spesifik tersebut. Kumpulan informasi yang dihimpun ini memberikan panduan dan perspektif tambahan kepada pekerja pembangkit ketika mereka melakukan perawatan pada pembangkit, atau kapan mereka harus melakukan dan tidak melakukan suatu tugas PM saat memodifikasi konten tugas atau memperpanjang interval tugas<sup>8</sup>. Informasi dalam laporan Basis PM pada awalnya ditujukan untuk digunakan selama pemutakhiran skala besar program PM pabrik secara keseluruhan seperti analisis RCM. Dalam aplikasi ini akan membuat pemilihan tugas menjadi lebih efisien, meningkatkan konsistensi antara analis, dan mendukung pembenaran untuk memberikan rekomendasi vendor atau untuk melakukan perubahan lainnya. Ini juga bisa digunakan saat memodifikasi tugas PM individu sebagai akibat dari perubahan kinerja, modifikasi peralatan, atau peralatan penuaan. EPRI telah mengembangkan audit slice secara vertikal dan cepat untuk program PM utilitas yang dilakukan dengan peralatan sampling dalam dua atau tiga sistem di pabrik. Ini memberikan gambaran singkat dalam beberapa hari tentang bagaimana program PM pabrik dibandingkan dengan praktik industri sebagaimana dicontohkan dalam Basis PM EPRI. Basis PM juga dapat digunakan untuk memvalidasi tindakan dan sasaran perbaikan di aturan pemeliharaan saat ini terdiri dari perubahan terhadap perawatan preventif. Aspek penting bisa jadi alasan perubahan tugas atau interval adalah respon yang benar, dan aktivitas PM tugas harus disertakan. Banyak kegunaan lain dari informasi ini

---

<sup>8</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998

telah disarankan oleh utilitas termasuk pengoptimalan optimal interval tugas PM, evaluasi manfaat relatif yang diperoleh dengan melakukan tugas tertentu, dan pengembangan repositori pengalaman industri pada degradasi peralatan dan efektivitas PM sebagai database elektronik yang dapat diupdate yang berisi panduan penggunaannya dalam aplikasi<sup>9</sup>

Agar bisa terhindar dari suatu kegagalan, operator harus memiliki pengetahuan tentang bagaimana menangani apabila sebuah kegagalan terjadi. Proses untuk melakukan FMEA dikembangkan dalam beberapa tahap, di mana tindakan yang tepat perlu didefinisikan Tapi, sebelum memulai dengan FMEA, penting untuk menyelesaikan beberapa analisa data terdahulu untuk memastikan bahwa ketahanan dan data kerusakan yang lalu termasuk dalam analisis.<sup>10</sup>

Dengan menggunakan software PM BASIS diharapkan dapat memberikan improvement kedepannya dalam melakukan FMEA pada komponen pulverizer pada boiler sehingga kualitas maintenance meningkat.

---

<sup>9</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998

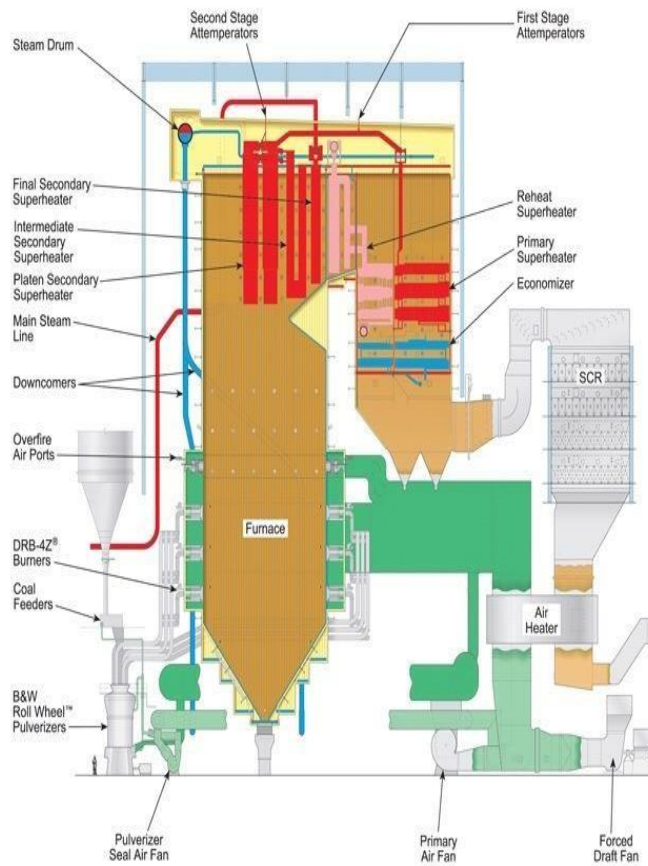
<sup>10</sup> Swapnil B. Ambekar, Ajinkya Edlabadkar, Vivek Shrouthy, 2013, A Review: Implementation of Failure Mode and Effect Analysis

## 2.2 Boiler

*Boiler* adalah alat yang digunakan untuk menguapkan air pengisi dari fasa cair menjadi uap basah dan kemudian uap basah akan diuapkan lagi menjadi uap panas lanjut. Di dalam boiler ada beberapa alat yang berfungsi untuk mengolah air, yaitu *economizer*, *steam drum*, *superheater*, dan juga *reheater*.

*Boiler* dapat dikategorikan menjadi macam berdasarkan segi konstruksinya, yakni boiler pipa api dan boiler pipa air. Jenis boiler di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan adalah boiler pipa air, dengan kapasitas maksimal uap yang dihasilkan sebesar 1025 ton/jam.

Bahan bakar utama yang digunakan boiler adalah batubara, sedangkan HSD/solar hanya digunakan untuk pembakaran awal ketika start up dan apabila telah memenuhi temperature yang dikehendaki maka diganti dengan batubara. Udara pembakaran diberikan oleh *FD Fan* setelah sebelumnya dipanaskan di *Air Heater*. Sedangkan *ID Fan* digunakan untuk mengisap dan mensirkulasikan gas buang dari *furnace* hingga ke *Stack* sehingga tekanan dalam boiler adalah negatif



Gambar 2.1 Boiler (Sumber : Manual Book Boiler PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan)

### 2.3 Mill Boiler

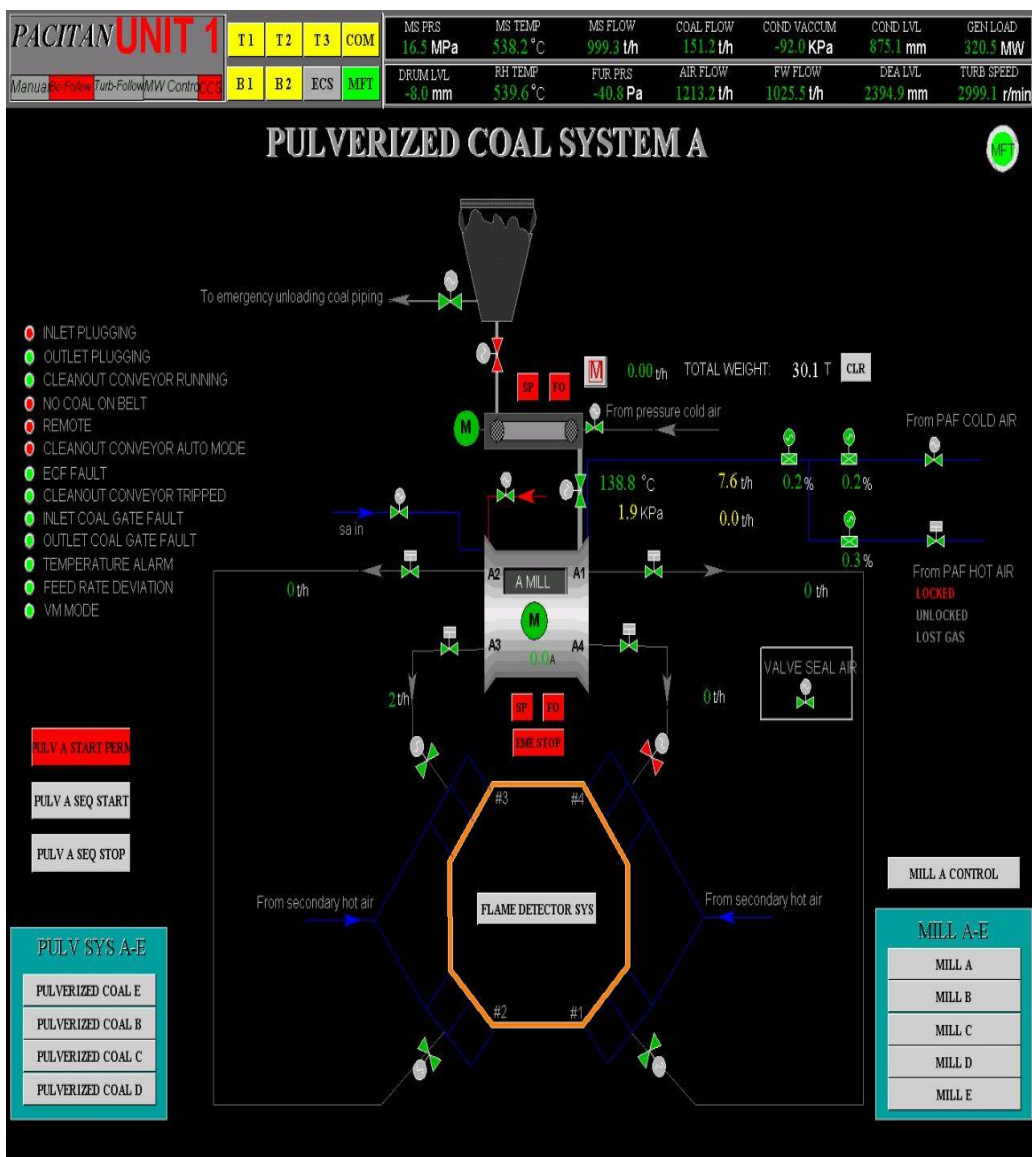
Pulverizer / Mill yaitu alat yang digunakan untuk menghancurkan batubara hingga menjadi ukuran kecil seperti debu. Penghalusan batubara dilakukan dengan *pulverizer coal* dengan tingkat ukuran kehalusan sampai dengan ukuran 200 mesh. 200 mesh adalah saringan dengan lubang sebanyak 200 perpanjang linier 1 inch atau 40000 lubang per-inchi<sup>2</sup>. Ukuran ini diperoleh dari pertimbangan optimalisasi baik pada sistem pembakaran sendiri maupun pada tingkat efisiensi *pulverizer* sendiri.



Gambar 2.2. Mill/Pulverizer (Sumber : Manual Book Boiler PJB UBJOM Sudimoro)



Gambar 2.3. Bagian Atas Mill/Pulverizer (Sumber : Manual Book Boiler PJB UBJOM Sudimoro)



Gambar 2.4 CCS jalur batubara dari b  
unker ke furnace boiler (Sumber : PT PJB UBJOM Sudimoro  
Pacitan

NOTE:

1.THE INSTRUMENTS,EQUIPMENTS MARKED WITH \* WILL BE SUPPLIED WITH MAIN EQUIPMENTS.

2.KKS NUMBER CHANGE"X"INTO"1"WHEN IS USED FOR UNIT 1; CHANGE"X"INTO"2"WHEN IS USED FOR UNIT 2.

3.KKS NUMBER IS SHOWN FOR MSM A,WHEN IS USED FOR MSM B~E,THE NUMBER MODIFIED AS FOLLOWING:

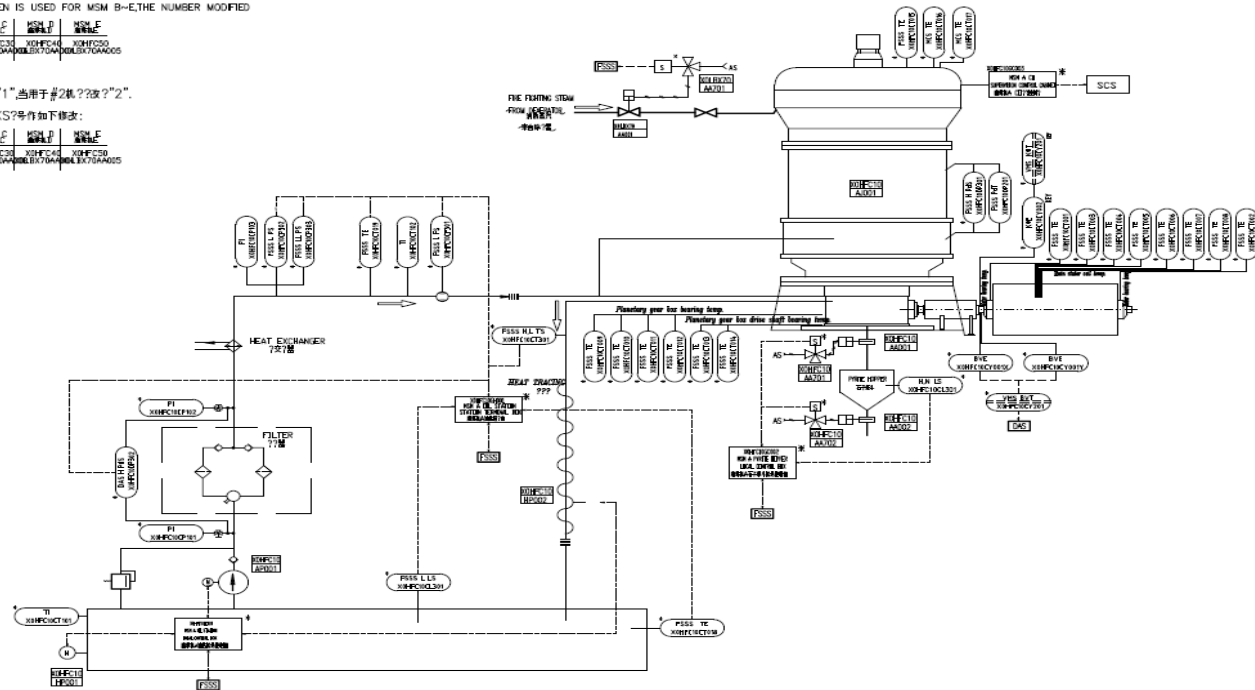
注：

1.??\*?数,??数主??\*?数? \*

2.本?中KKS?号中的"X"用于第1机?的??改?"1"当用于第2机?的??改?"2".

3.本?用于磨煤机A,当用于磨煤机B~E?,将KKS?号作如下修改:

MSM A	MSM B	MSM C	MSM D	MSM E
X01F001	X01F002	X01F003	X01F004	X01F005
X01E001	X01E002	X01E003	X01E004	X01E005



Gambar 2.5 P&ID dari system mill boiler (Sumber : PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan)



## **2.4 Reliability, Availability, dan Maintainability**

*Reliability* diterjemahkan dari kata *reliability* yang berarti keterpercayaan, keandalan, keajegan, konsistensi, kestabilan. Hal ini menunjukkan bahwa konsep reliabilitas adalah sejauh mana hasil pengukuran dapat dipercaya (Azwar, 2009: 180). Lebih lanjut dinyatakan oleh Sugiyono (2010: 183) bahwa pengujian instrumen dapat dilakukan secara eksternal maupun internal. Pengertian reliabilitas/keandalan berkait dengan keajegan/konsistensi, dimana suatu instrumen dinyatakan andal (reliabel) ketika memberikan hasil yang sama pada berkali-kali pengukuran (Subali, 2012: 113). Konsep reliabilitas dalam arti reliabilitas instrumen berkaitan dengan masalah kesalahan pengukuran yang menunjukkan sejauh mana inkonsistensi hasil pengukuran apabila dilakukan pengukuran ulang terhadap kelompok subjek yang sama.

Menurut Sekaran (2006), reliabilitas atau keandalan suatu pengukuran menunjukkan sejauh mana pengukuran tersebut tanpa bias (bebas dari kesalahan) dan karena itu menjamin pengukuran yang konsisten lintas waktu dan lintas beragam item dalam instrument. Dengan kata lain, keandalan suatu pengukuran merupakan indikasi mengenai stabilitas dan konsistensi di mana instrument mengukur konsep dan membantu menilai "ketepatan" sebuah pengukuran. Groth-Marnat (2008) mendefinisikan reliabilitas suatu test merujuk pada derajat stabilitas, konsistensi, daya prediksi, dan akurasi. Ia melihat seberapa skor-skor yang diperoleh seseorang itu akan menjadi sama jika orang itu diperiksa ulang dengan tes yang sama pada kesempatan berbeda. Menurut Sugiyono (2007), instrumen yang reliabel adalah instrumen yang bila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama akan menghasilkan data yang sama. Dari tiga definisi di atas jelas bahwa reliabilitas instrument terkait dengan bebas dari bias (*error free*) dan konsistensi instrument. Keandalan adalah sejauh mana percobaan, pengujian, atau prosedur pengukuran menghasilkan hasil yang sama pada uji coba diulang. Tanpa kesepakatan pengamat independen mampu mereplikasi prosedur penelitian, atau kemampuan untuk menggunakan alat-alat penelitian dan prosedur yang menghasilkan pengukuran yang konsisten, para peneliti akan mampu untuk memuaskan menarik kesimpulan, merumuskan teori, atau membuat klaim tentang generalisasi penelitian mereka.

*Maintainability* didefinisikan sebagai jumlah kegiatan perawatan korektif dalam selang waktu tertentu dibagi dengan jumlah waktu

perawatan total yang diperlukan untuk memperbaiki sistem. Dari definisi tersebut terlihat bahwa *maintainability* berbanding terbalik dengan *Mean Time To Repair* (MTTR). Dengan demikian dalam hubungannya untuk meningkatkan *availability*, kedua faktor *reliability* dan *maintainability* harus diperbaiki. Hal ini mengasumsikan bahwa hal-hal lain yang mungkin menyebabkan waktu penundaan (*delay time*) yang berlebihan dapat dihilangkan.

Tujuan dari analisis *maintainability* adalah meningkatkan efisiensi dan *safety* serta mengurangi biaya pemeliharaan peralatan berdasarkan kondisi, prosedur dan sumber daya yang telah ditetapkan. Persyaratan *maintainability* antara lain :

- a. Penentuan definisi perencanaan yang meliputi seluruh dokumentasi perencanaan untuk program yang ditentukan.
- b. Dikhususkan bagi kategori top-level dengan produk/sistem yang dapat diaplikasikan.
- c. Didesain melalui proses iteratif dari analisi fungsional, alokasi persyaratan, trade-off dan optimasi, sintesis dan pemilihan komponen.
- d. Diukur dalam bentuk kecukupan melalui sistem uji dan evaluasi.

*Maintainability* mempunyai lingkup definisi yang paling luas, dapat diukur dalam bentuk kombinasi dari beberapa faktor yang berbeda. Dari perspektif sistem, pemeliharaan diasumsikan menjadi 2 kategori :

- a. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*), yaitu melakukan pemeliharaan tidak terjadwal, untuk mengembalikan suatu sistem/produk ke kondisi semula setelah terjadi kegagalan, termasuk kemungkinan melakukan modifikasi.
- b. Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*), yaitu melakukan pemeliharaan terjadwal untuk menjaga suatu sistem pada tingkat performa yang diinginkan melalui serangkaian tindakan sistematis seperti, inspeksi, deteksi, *servicing*, atau pencegahan kegagalan melalui penggantian komponen secara periodik.

Pengukuran *reliability* memang memberikan petunjuk yang jelas tentang frekuensi kesuksesan komponen/sistem dalam menjalankan

fungsinya, akan tetapi interval waktu produk tak dapat dipakai setelah kegagalan tidak dapat diukur. Konsep *availability* dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan ini, dengan mengukur jumlah waktu produk dalam keadaan operasional. *Availability* adalah peluang suatu sistem/komponen untuk melaksanakan fungsinya berdasarkan periode waktu yang ditetapkan ketika dioperasikan dan di *maintain* sesuai tatacara yang telah ditentukan. Seperti halnya *reliability*, *availability* menentukan peluang suatu sistem yang dinyatakan dalam satu dari dua kondisi, yaitu : '*uptime* (on)' dan '*downtime* (off)'. *Uptime* berarti bahwa sistem masih berfungsi dan *downtime* berarti bahwa sistem tidak berfungsi, dalam hal ini diperbaiki atau diganti tergantung pada apakah sistem dapat diperbaiki atau tidak

#### **2.4 Software PM Basis dan FMEA**

Salah satu software untuk melakukan analisis FMEA adalah PM BASIS dimana software PM BASIS pada awalnya digunakan pada pembangkit nuklir Amerika Serikat yang berencana mengurangi biaya pemeliharaan preventif (PM) dan memperbaiki kinerja peralatan serta memberikan informasi mendetail tentang tugas dan interval tugas yang paling tepat untuk yang penting jenis peralatan, sedangkan akuntansi untuk pengaruh fungsional, siklus kerja (*duty cycle*) dan kondisi pelayanan. Data ini tidak ada sebelumnya dalam bentuk yang mudah diakses, sehingga sering suatu perawatan tidak dilakukan pada tempatnya dan salah sasaran sehingga ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) mengembangkan suatu software bernama PM BASIS yang mengumpulkan data untuk menjadi sekumpulan informasi yang mencakup ringkasan interpretasi pengalaman pembangkit listrik pada pemeliharaan preventif untuk setiap jenis komponen. Setiap laporan berisi semua tugas PM, interval tugas, pertimbangan tugas, dan pengaruh terpenting pada kerusakan dan perawatan peralatan untuk komponen spesifik tersebut. Kumpulan informasi yang dihimpun ini memberikan panduan dan perspektif tambahan kepada pekerja pembangkit ketika mereka melakukan perawatan pada pembangkit, atau kapan mereka harus melakukan dan tidak melakukan suatu tugas PM saat memodifikasi konten tugas atau memperpanjang interval

tugas<sup>11</sup>. PM Basis adalah sebuah software PMBD (Preventive Maintenance Basis Database) yang mana adalah sistem informasi yang berisi jadwal perawatan untuk komponen dan katup utama di fasilitas pembangkit tenaga listrik. Informasi ini sangat penting untuk memungkinkan fasilitas pembangkit listrik merencanakan dan memantau jadwal perawatan yang sangat dekat, bersamaan dengan mengendalikan dan mengelola biaya yang terkait dengan pembangkit tenaga<sup>12</sup>. Informasi dalam laporan Basis PM pada awalnya ditujukan untuk digunakan selama pemutakhiran skala besar program PM pabrik secara keseluruhan seperti analisis RCM. Dalam aplikasi ini akan membuat pemilihan tugas menjadi lebih efisien, meningkatkan konsistensi antara analis, dan mendukung pembenaran untuk memberikan rekomendasi vendor atau untuk melakukan perubahan lainnya. Ini juga bisa digunakan saat memodifikasi tugas PM individu sebagai akibat dari perubahan kinerja, modifikasi peralatan, atau peralatan penuaan. EPRI telah mengembangkan audit slice secara vertical dan cepat untuk program PM utilitas yang dilakukan dengan peralatan sampling dalam dua atau tiga sistem di pabrik. Ini memberikan gambaran singkat dalam beberapa hari tentang bagaimana program PM pabrik dibandingkan dengan praktik industri sebagaimana dicontohkan dalam Basis PM EPRI. Basis PM juga dapat digunakan untuk memvalidasi tindakan dan sasaran perbaikan di aturan pemeliharaan saat ini terdiri dari perubahan terhadap perawatan preventif. Aspek penting bisa jadi alasan perubahan tugas atau interval adalah respon yang benar, dan aktivitas PM tugas harus disertakan. Banyak kegunaan lain dari informasi ini telah disarankan oleh utilitas termasuk pengoptimalan optimal interval tugas PM, evaluasi manfaat relatif yang diperoleh dengan melakukan tugas tertentu, dan pengembangan repositori pengalaman industri pada degradasi peralatan dan efektivitas PM sebagai database elektronik yang dapat diupdate yang berisi panduan penggunaannya dalam aplikasi<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998

<sup>12</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998

<sup>13</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metodologi dalam pengembangan produk dan manajemen operasi untuk menganalisis mode kegagalan potensial dalam sistem untuk dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan kegagalannya. Aktivitas FMEA yang sukses membantu tim mengidentifikasi mode kegagalan potensial, berdasarkan pengalaman masa lalu dengan produk atau proses yang sama<sup>14</sup>. Disiplin FMEA dikembangkan di Militer Amerika Serikat. Prosedur Militer MIL-P-1629, berjudul "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis", tertanggal 9 November 1949. FMEA adalah Metodologi Desain Formal pada tahun 1960 oleh industri dirgantara, dengan persyaratan keandalan dan keselamatan yang jelas. Pada akhir 1970-an, Ford Motor Company memperkenalkan FMEA ke industri otomotif untuk pertimbangan keselamatan dan peraturan. Mereka juga menggunakannya untuk meningkatkan produksi dan desain. FMEA telah diadopsi di banyak tempat, seperti: Industri Aerospace, Militer, Mobil, Listrik, Mekanik, dan Semi-konduktor<sup>15</sup>.

### Tujuan FMEA

- Mengidentifikasi potensi kegagalan desain dan proses sebelum terjadi dan meminimalkan risiko kegagalan dengan mengusulkan perubahan desain atau, jika tidak dapat dirumuskan, mengusulkan prosedur operasional. Intinya FMEA adalah untuk.
- Identifikasi peralatan atau subsistem, mode operasi dan peralatan.
- Identifikasi mode kegagalan potensial dan penyebabnya.
- Evaluasi efek pada sistem dari setiap mode kegagalan.
- Identifikasi langkah-langkah untuk menghilangkan atau mengurangi risiko yang terkait dengan setiap mode kegagalan.

---

<sup>14</sup> Swapnil B. Ambekar, Ajinkya Edlabadkar, Vivek Shrouthy, 2013, A Review: Implementation of Failure Mode and Effect Analysis

<sup>15</sup> Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant

- Identifikasi uji coba dan pengujian yang diperlukan untuk membuktikan kesimpulannya.
- Memberikan informasi kepada operator dan pengelola agar mereka mengerti kapabilitas dan keterbatasan sistem untuk mencapai kinerja terbaik.<sup>16</sup>

Janakiram dan Keats (1995) menemukan bahwa FMEA adalah alat yang sangat terkenal dalam proses perancangan namun hampir diabaikan dalam sebagian besar paradigma peningkatan kualitas proses<sup>17</sup>. Sheng dan Shin (1996) membahas penerapan FMEA untuk kedua desain produk dan pengendalian proses. Mereka menerapkan FMEA dalam dua cara untuk memastikan bahwa persyaratan keandalan dapat dipenuhi untuk produksi inflator airbag. Mereka melakukan Design FMEA untuk menghasilkan rencana pengendalian proses, alat bantu visual, dan daftar verifikasi proses. Mereka juga mengintegrasikan FMEA Desain dan Proses FMEA melalui prediksi keandalan dan laporan pemasok PPM. Laporan pemasok PPM berisi informasi yang dapat digunakan untuk memperbarui probabilitas yang digunakan dalam desain FMEA.

Pantazopoulos dan Tsinopoulos (2005) menemukan bahwa FMEA adalah salah satu alat potensial yang digunakan secara luas dalam teknik keandalan untuk bidang produksi komponen listrik dan elektronik serta bidang ilmu majemuk (industri aerospace dan otomotif). Tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui kelemahan sistem dan dengan demikian meminimalkan risiko terjadinya kegagalan. Mereka menggunakan teknik FMEA pada tahap perancangan sistem atau produk (DFMEA) dan juga dalam proses pembuatan (PFMEA). Mereka menerapkan teknik ini dalam proses kritis dalam industri pembentukan logam<sup>18</sup>. Cassanelli dkk. (2006) menggunakan FMEA biasa selama fase perancangan sistem kontrol

---

[2] <sup>16</sup> Guidance on Failure Modes & Effects Analyses (FMEAs), "The International Marine Contractors Association", IMCA M 166, April 2002

[3] <sup>17</sup> Janakiram, M. and Keats, J. B. (1995), "The use of FMEA in process quality improvement", International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Volume 2, Issue 1, pp. 103-115.

[4] <sup>18</sup> Pantazopoulos, G. and Tsinopoulos, G. (2005), "Process failure modes and effects analysis (PFMEA): A structured approach for quality improvement in the metal forming industry", Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 5, Issue 2, pp. 5-10

motor listrik untuk kendaraan Pemanas / Ventilasi / AC (HVAC). Analisis data lapangan dari tahun kedua terpaksa meninjau FMEA. Mereka merencanakan tindakan perbaikan berdasarkan modus kegagalan tunggal, seperti biasa di FMEA.

Prosedur FMEA adalah sebagai berikut :

### 1. Tingkat keparahan (S)

Tentukan semua mode kegagalan, berdasarkan persyaratan fungsional dan pengaruhnya. Contoh mode kegagalan adalah: hubungan arus pendek listrik, korosi atau deformasi. Modus kegagalan pada satu komponen dapat menyebabkan mode kegagalan pada komponen lain; Oleh karena itu setiap mode kegagalan harus tercantum dalam istilah teknis dan fungsinya. Setelah itu efek akhir dari setiap mode kegagalan perlu dipertimbangkan. Efek kegagalan didefinisikan sebagai akibat dari mode kegagalan pada fungsi sistem seperti yang dirasakan oleh pengguna. Dengan cara ini, lebih mudah untuk menuliskan efek ini dalam hal apa yang mungkin dilihat atau dialami pengguna. Contoh efek kegagalan adalah: kinerja terdegradasi, kebisingan atau bahkan cedera pada pengguna. Setiap efek diberikan angka keparahan (S) dari 1 (tidak berbahaya) sampai 10 (kritis). Angka-angka ini membantu seorang insinyur untuk memprioritaskan mode kegagalan dan pengaruhnya. Jika tingkat keparahan efek memiliki angka 9 atau 10, tindakan dianggap mengubah rancangan dengan menghilangkan mode kegagalan, jika memungkinkan, atau melindungi pengguna dari pengaruhnya. Tingkat keparahan 9 atau 10 umumnya disediakan untuk efek yang menyebabkan cedera pada pengguna atau mengakibatkan kematian.

### 2. Kejadian (O)

Pada langkah ini perlu untuk melihat penyebab mode kegagalan dan berapa kali terjadi . Hal ini dapat dilakukan dengan melihat produk atau proses serupa dan mode kegagalan yang telah didokumentasikan untuk mereka di masa lalu . Penyebab kegagalan dipandang sebagai kelemahan desain. Semua penyebab potensial untuk mode kegagalan harus diidentifikasi dan didokumentasikan.<sup>19</sup>

---

[1] <sup>19</sup> Aravinth .P, Muthu Kumar .T, Arun Dakshinamoorthy, Arun Kumar .N, A CRITICALITY STUDY BY DESIGN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PROCEDURE IN

### 3. Deteksi (D)

Bila tindakan yang tepat ditentukan, perlu untuk menguji efisiensinya. Selain itu, diperlukan verifikasi desain. Metode pemeriksaan yang tepat perlu dipilih. Pertama, seorang insinyur harus melihat kontrol sistem saat ini, yang mencegah mode kegagalan tidak terjadi atau yang mendeteksi kegagalan sebelum mencapai pelanggan. Setelah itu seseorang harus mengidentifikasi pengujian, analisis, pemantauan dan teknik lain yang dapat atau telah digunakan pada sistem serupa untuk mendeteksi kegagalan. Dari kontrol ini, seorang insinyur dapat mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadinya kegagalan untuk diidentifikasi atau dideteksi. Setiap kombinasi dari dua langkah sebelumnya menerima nomor deteksi (D). Ini memberi peringkat kemampuan tes dan inspeksi yang direncanakan untuk menghilangkan cacat atau mendeteksi mode kegagalan pada waktunya. Nomor deteksi yang ditugaskan mengukur risiko bahwa kegagalan akan lolos dari deteksi. Angka deteksi tinggi menunjukkan bahwa kemungkinan tinggi kegagalan akan lolos dari deteksi, atau dengan kata lain, kemungkinan deteksi rendah.

### 4. Nomor prioritas risiko (RPN)

Nomor prioritas risiko (RPN) tidak memainkan peran penting dalam pilihan tindakan melawan mode kegagalan. RPN adalah nilai ambang lebih dalam evaluasi tindakan ini. Setelah menentukan tingkat keparahan, kejadian dan kemampuan mendeteksi, RPN dapat dengan mudah dihitung dengan mengalikan ketiga angka ini:

$$RPN = S \times O \times D$$

### Penetapan Scale Rate FMEA

Menurut Weta dkk (2013), sebuah FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi cara-cara kegagalan yang potensial untuk sebuah produk atau proses. Metode ini kemudian memerlukan analisa dari tim untuk menggunakan pengalaman masa lalu dan keputusan engineering



untuk memberikan peringkat pada setiap potensial masalah menurut rating skala berikut:

### 1. *Severity*

*Severity* adalah sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu komponen yang berpengaruh pada suatu hasil kerja mesin yang dianalisa/diperiksa, *Severity* dapat dinilai pada skala 1 sampai 10.

<b>Effect</b>	<b>Severity on Effect</b>	<b>Ranking</b>
<b>Hazardous without warning</b>	Tingkat keparahan yang sangat tinggi bila mode kegagalan potensial mempengaruhi keseluruhan operasi sistem tanpa peringatan	<b>10</b>
<b>Hazardous with warning</b>	Tingkat keparahan yang sangat tinggi bila mode kegagalan potensial mempengaruhi keseluruhan operasi sistem dengan peringatan	<b>9</b>
<b>Very High</b>	Sistem tidak dapat beroperasi akibat hilangnya fungsi utama. Kegagalan dapat membahayakan pekerja dan dalam tingkat yang sangat parah	<b>8</b>
<b>High</b>	Kinerja sistem sangat terpengaruh oleh kerusakan akan tetapi apabila dipaksa berfungsi dapat mengurangi tingkat kinerja keselamatan dan berpotensi mengakibatkan cedera serius pada pekerja maupun kerusakan lebih parah pada komponen itu sendiri. Sistem mungkin tidak beroperasi.	<b>7</b>
<b>Moderate</b>	Kinerja sistem terdegradasi. Beberapa fungsi keselamatan mungkin tidak beroperasi. Kegagalan pada ranking ini berpotensi menyebabkan cedera, kerusakan properti, atau kerusakan sistem. Sistem harus melakukan shutdown untuk repair	<b>6</b>
<b>Low</b>	Efek yang sangat rendah pada kinerja sistem. Kegagalan tidak cukup serius untuk	<b>5</b>

	menyebabkan cedera, kerusakan properti, atau kerusakan sistem, tetapi dapat mengakibatkan perawatan atau perbaikan yang tidak terjadwal	
<b>Very Low</b>	Sistem beroperasi dengan penurunan kinerja yang signifikan	<b>4</b>
<b>Minor</b>	Efek minor pada produk atau kinerja sistem untuk memiliki efek pada keselamatan atau kesehatan. Sistem dapat membutuhkan perbaikan.	<b>3</b>
<b>Very Minor</b>	Pengaruh yang sangat kecil pada produk atau kinerja sistem memiliki efek pada keselamatan atau kesehatan. Sistem tidak perlu diperbaiki.	<b>2</b>
<b>None</b>	Kegagalan tidak berpengaruh apapun terhadap kinerja komponen	<b>1</b>

Tabel 2.5 Ranking Severity dalam RPN, Sumber : M. Giardina, M. Morale/Journal of Loss Prevention in the Process Industries 35(2015),35–45).

## 2. Occurrence

*Occurrence* adalah sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada peralatan tersebut. Dari angka/tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan peralatan.

Rank	Human error occurrence Probability	Linguistic Variable
1	< every 5 years	Unlikely
2	In 3-5 Years	Very remote
3	In 1-3 years	Remote
4	Per year	Very low
5	In every 6 months	Low
6	In every 3 months	Moderate
7	Per months	Moderately high
8	Per Week	High
9	Every few days	Very high
10	Per Day	Almost certain

Tabel 2.6 Ranking Occurrence dalam RPN Sumber : M. Giardina, M. Morale/Journal of Loss Prevention in the Process Industries 35(2015),35-45).

### 3. *Detection*

*Detection* adalah sebuah penilaian yang juga memiliki tingkatan seperti halnya *severity* dan *occurrence*. Penilaian tingkat *detection* sangat penting dalam menemukan potensi penyebab mekanis yang menimbulkan kerusakan serta tindakan perbaikannya.

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat
1	Kontrol saat ini hampir pasti akan mendeteksi Kegagalan	100-90% kegagalan akan
2	Kontrol arus kemungkinan yang sangat (s) akan mendeteksi mode kegagalan / kesalahan tugas. (hampir selalu didahului oleh peringatan)	90-80% kegagalan akan terdeteksi
3	Kemungkinan besar kontrol desain hampir pasti akan mendeteksi potensi kegagalan	80-70% kegagalan akan
4	Kontrol desain memiliki kemungkinan tinggi dalam mendeteksi mode kegagalan	70-60% kegagalan akan terdeteksi
5	Kontrol desain memiliki kemungkinan cukup tinggi dalam mendeteksi mode kegagalan	60-50% kegagalan akan terdeteksi
6	Kontrol desain memiliki kemungkinan rendah dalam mendeteksi mode kegagalan (operator tidak mungkin mendeteksi kelemahan desain potensial).	50-40 % kegagalan akan terdeteksi

7	Kontrol desain memiliki kemungkinan sangat rendah dalam mendeteksi mode kegagalan(operator tidak mungkin mendeteksi kelemahan desain potensial).	40-30% kegagalan akan terdeteksi
8	Kesempatan sangat tipis bahwa kontrol desain akan mendeteksi kesalahan mode atau cacat akan tetap tidak terdeteksi sampai pemeriksaan atau pengujian dilakukan.	30-20% kegagalan akan terdeteksi
9	Kegagalan sangat sulit terdeteksi dan butuh pemeriksaan yang dangat detail untuk menemukan kerusakan yang terjadi	20-10% kegagalan akan terdeteksi
10	Kegagalan sistem tidak terdeteksi (kontrol desain tidak akan dan / atau tidak dapat mendeteksi penyebab / mekanisme potensial dan mode kegagalan ini atau tidak ada verifikasi desain atau tugas yang dapat mendeteksi kecacatan yang terjadi.	10-0% kegagalan akan terdeteksi

Tabel 2.7 Ranking Detectability dalam RPN Sumber : M. Giardina, M. Morale/Journal of Loss Prevention in the Process Industries 35(2015),35–45).

Worksheet No.	Date :	Compiled By :
Main System :	System :	Subsystem :
Reference Drawing :		
1 Code/Ref.		
2 Item		
3 Function		
4 Operational Mode		
5 Failure Modes		
6 Failure Causes		
7 Failure Effects: Component/Subsystem/ System		
8 Failure Detection		
9 Compensating Provisions		
10 Testing		
11 Remarks		
12 Severity Class		

Tabel 2.7 FMEA Form dari IEC Standard : Sumber : : IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA))

<b>Worksheet ID</b>	Nomor dari worksheet yang dikerjakan
<b>Main System/System/Sub-System:</b>	Penjelasan singkat tentang bagian-bagian sistem yang diteliti dipecah menjadi beberapa tingkatan.
<b>Reference Drawing:</b>	Nomor dari gambar yang sedang dianalisa
<b>1 Code/Ref.</b>	Nomor identifikasi nomor urut atau referensi untuk setiap item ditetapkan untuk tujuan penelusuran dan dimasukkan ke dalam lembar kerja.
<b>2 Item</b>	Nama atau nomenklatur dari fungsi item atau sistem yang dianalisis untuk mode dan efek kegagalan dicantumkan.
<b>3 Function</b>	Pernyataan ringkas fungsi yang dilakukan oleh item perangkat keras.
<b>4 Operation Mode</b>	Modus operasional dimana terjadi kegagalan.
<b>5 Failure Modes</b>	Modus kegagalan yang dapat diprediksi untuk setiap tingkat sistem yang dianalisis akan diidentifikasi. Modus kegagalan potensial akan ditentukan dengan memeriksa keluaran barang dan keluaran fungsional yang diidentifikasi dalam diagram blok dan skema yang sesuai.
<b>6 Failure Causes</b>	Penyebab yang paling mungkin terkait dengan modus kegagalan diasumsikan akan diidentifikasi dan dijelaskan. Karena mode kegagalan mungkin memiliki lebih dari satu penyebab, semua kemungkinan penyebab independen untuk setiap mode kegagalan akan diidentifikasi.
<b>7 Failure Effects</b>	<p>Konsekuensi dari masing-masing modus kegagalan yang diasumsikan pada operasi barang, fungsi, atau status akan diidentifikasi, dievaluasi, dan dicatat. Kegagalan yang dipertimbangkan dapat mempengaruhi beberapa tingkat sistem di samping tingkat sistem yang dianalisis; Oleh karena itu, komponen "", "subsistem", dan "sistem" akan dievaluasi.</p> <p>♦ Komponen. Efek komponen berkonsentrasi secara khusus pada dampak yang diasumsikan</p>

	<p>pada mode kegagalan pada operasi dan fungsi item di tingkat sistem yang sedang dipertimbangkan. Konsekuensi dari setiap kegagalan yang diasumsikan mempengaruhi item dijelaskan bersamaan dengan efek orde kedua yang mungkin terjadi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ <u>Subsistem</u>. Efek subsistem berkonsentrasi pada efek yang diasumsikan bahwa kegagalan pada operasi dan fungsi item pada tingkat sistem berikutnya dan lebih tinggi di atas tingkat sistem yang sedang dipertimbangkan. Konsekuensi masing-masing yang diasumsikan oleh kegagalan yang mempengaruhi tingkat sistem yang lebih tinggi yang akan dijelaskan kedepannya</li> <li>♦ <u>Sistem</u>. Efek sistem mengevaluasi dan menentukan efek total yang dimiliki kegagalan pada operasi, fungsi, atau status sistem utama.</li> </ul>
<b>8 Failure Detection</b>	Penjelasan tentang metode dimana terjadinya mode kegagalan terdeteksi oleh operator akan dicatat. Deteksi kegagalan berarti, seperti visual, perangkat alarm, atau tidak, akan diidentifikasi.
<b>9 Compensating Provisions:</b>	Ketentuan kompensasi, redundansi peralatan, respons sistem kontrol, atau tindakan operator, yang menghindari atau mengurangi efek kegagalan.
<b>10 Testing</b>	Deskripsi pengujian khusus yang diperlukan sehubungan dengan mode kegagalan dan / atau konsekuensinya.
<b>11 Remarks</b>	Bidang tambahan di mana ada ucapan dapat dibuat mengenai rekomendasi atau pertimbangan lainnya.

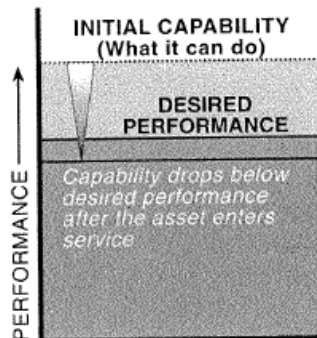


<b>12 Severity Classification</b>	Klasifikasi keparahan berdasarkan dampak kegagalan kemampuan DP. Klasifikasi keparahan dapat terdiri dari tiga unsur: 1. Tingkat keparahan; 2.Managemen Kegagalan Operator; 3.Batasan Redundansi.
-----------------------------------	---

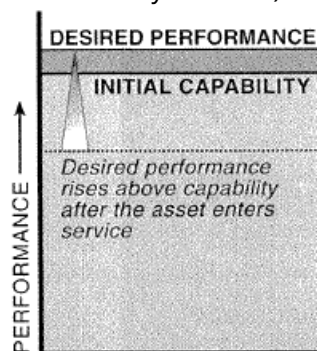
Tabel 2.8 Penjelasan Kolom Pada Worksheet FMEA (Sumber : IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA))

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation	Frekuensi	No. FDT	PIC	Referensi / sumber
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

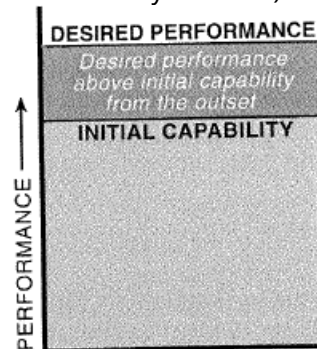
Tabel 2.9 FMEA Form PT PJB Sudimoro Pacitan( Sumber : Form FMEA PJB Sudimoro Pacitan)



Gambar 2.6 Failure Mode Kategori 1 ( Sumber : John Moubray : RCM 2)



Gambar 2.7 Failure Mode Kategori 2 ( Sumber : John Moubray : RCM 2)



Gambar 2.8 Failure Mode Kategori 3 ( Sumber : John Moubray : RCM 2)

Berikut ini adalah tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

- Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya

- Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
- Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
- Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan – keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan, antara lain:

- Meningkatkan kualitas, keandalan
- Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan
- Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan
- Menurangi waktu dan biaya pengembangan produk
- Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko

Sedangkan manfaat khusus dari *Process FMEA* bagi perusahaan adalah:

- Membantu menganalisis proses manufaktur baru.
- Meningkatkan pemahaman bahwa kegagalan potensial pada proses manufaktur harus dipertimbangkan.
- Mengidentifikasi defisiensi proses, sehingga para *engineer* dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau pada metode untuk meningkatkan deteksi pada produk yang tidak sesuai tersebut.
- Menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses.
  - Menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk memandu pengembangan proses manufaktur atau perakitan di masa datang

## II Output

Output dari *Process FMEA* adalah:

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.

- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan.

FMEA merupakan dokumen yang berkembang terus. Semua pembaharuan dan perubahan siklus pengembangan produk dibuat untuk produk atau proses. Perubahan ini dapat dan sering digunakan untuk mengenal mode kegagalan baru. Mengulas dan memperbaharui FMEA adalah penting terutama ketika:

- Produk atau proses baru diperkenalkan.
- Perubahan dibuat pada kondisi operasi produk atau proses diharapkan berfungsi.
- Perubahan dibuat pada produk atau proses (dimana produk atau proses berhubungan). Jika desain produk dirubah, maka proses terpengaruh begitu juga sebaliknya.

	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	
1	To channel all the hot turbine exhaust gas without restriction to a fixed point 10 metres above the roof of the turbine hall	A	Unable to channel gas at all	
2	To reduce exhaust noise level to ISO noise rating 30 at 150 metres	B	Gas flow restricted	

3	To ensure that duct surface temperature inside turbine hall does not rise above 60 degree celsius	C	Fails to contain the gas	
4	To transmit a warning signal to the control system if exhaust gas temperature exceeds 475 degree celsius and a shutdown signal if it exceeds 500 degree celsius at a point 4 metres from the turbine	D	Fails to convey gas to a point 10 metres above the roof	
5	To allow free movement of ducting in response to temperature changes	A	Noise level exceeds ISO noise rating 30 at 150 metres	

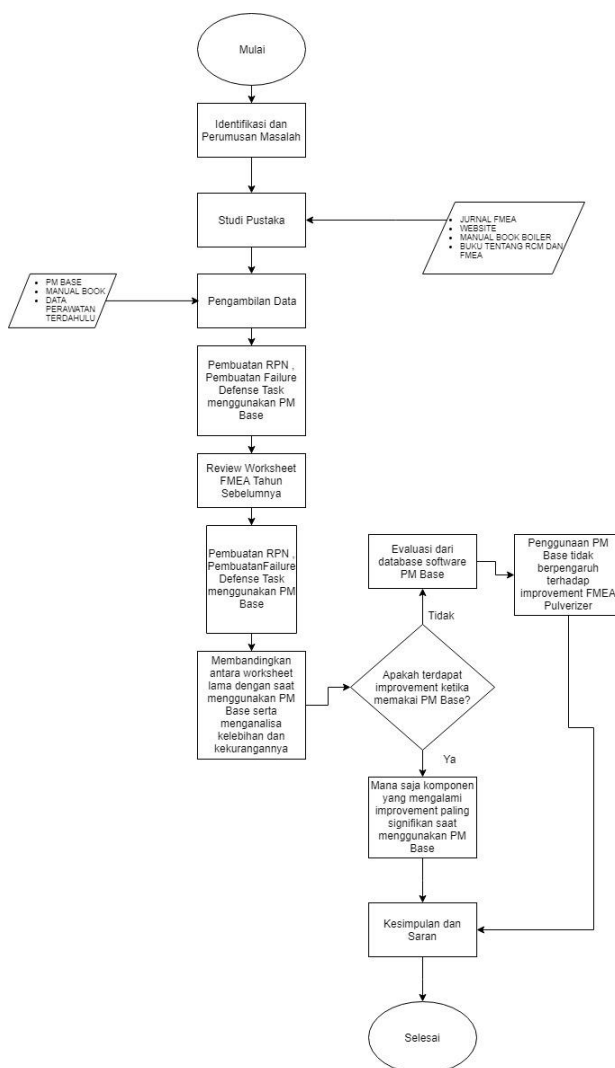
		A	Duct surface temperature exceeds 60 degree celsius	
		A	Incapable of sending a warning signal if exhaust temperature exceeds 475 degree celsius	
		B	Incapable of sending a shutdown signal if exhaust temperature exceeds 500 degree celsius	
		A	Does not allow free movement of ducting	

Tabel 2.10 Functional Failure (sumber : : John Moubray : RCM 2)

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Overview

Berikut ini adalah flowchart yang menunjukkan tahap tahap penyelesaian penelitian ini



Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2. Studi Pustaka

Studi pustaka memakai buku buku berikut :

- IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998
- Moubray, John 1997. Reliability-centered Maintenance 2

Studi pustaka menggunakan buku dan jurnal hasil penelitian terakhir yang mempunyai tema serta tujuan yang berhubungan dengan FMEA, sehingga diharapkan dari penelitian kajian pustaka dapat dijadikan dasar teori dan referensi dalam mengerjakan tugas akhir ini. Jurnal-jurnal yang digunakan untuk membantu proses studi pustaka ini antara lain :

- Janakiram, M. and Keats, J. B. (1995), "The use of FMEA in process quality improvement", International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Volume 2, Issue 1, pp. 103-115.
- Pantazopoulos, G. and Tsinoopoulos, G. (2005), "Process failure modes and effects analysis (PFMEA): A structured approach for quality improvement in the metal forming industry", Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 5, Issue 2, pp. 5-1
- Aravinth .P, Muthu Kumar .T, Arun Dakshinamoorthy, Arun Kumar .N, A CRITICALITY STUDY BY DESIGN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PROCEDURE IN LINCOLN V350 PRO WELDING MACHINE, "International Journal of Advances in Engineering & Technology", July 2012, ISSN: 2231-1963.
- Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant
- Tejaskumar S. Parsana, Mihir T. Patel, A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry
- Vladimir Popović, Branko Vasić, Miloš Petrović, The Possibility for FMEA Method Improvement and its Implementation into Bus Life Cycle

### 3.3. Pengambilan Data

Setelah selesai melakukan studi pustaka, pengambilan data akan dilakukan. Data-data yang diperlukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah Data dari PM BASIS yaitu mencakup ringkasan interpretasi pengalaman pembangkit listrik pada pemeliharaan preventif untuk



setiap jenis komponen. Setiap laporan berisi semua tugas PM, interval tugas, pertimbangan tugas, dan pengaruh terpenting pada kerusakan dan perawatan peralatan untuk komponen spesifik tersebut dan Data worksheet perawatan terdahulu. Data dari worksheet terdahulu diareview kemudian pada akhirnya nanti akan dibandingkan dengan data yang keluar dari PM BASIS dimana kedua data tersebut lalu dibandingkan dan dilihat improvementnya apabila sebelum memakai PM BASIS dan sesudah memakai PM BASIS.

### 3.4. Review Worksheet FMEA Tahun Sebelumnya

Dengan data yang telah diperoleh, Dilakukan review dan analisa dari worksheet sebelumnya. Apa saja kekurangan dari data sebelumnya dan apa saja yang belum tercover dari worksheet perawatan pada tahun tahun sebelumnya, dan bagian mana saja yang perlu dilakukan improvement kedepannya dalam melakukan FMEA pada komponen pulverizer pada boiler sehingga kualitas maintenance meningkat.

### 3.5. Pembuatan FMEA Menggunakan Software PM BASIS

Setelah dilakukan review terhadap worksheet perawatan sebelumnya, langkah berikutnya adalah melakukan pembuatan FMEA yaitu proses metodologi dalam pengembangan produk dan manajemen operasi untuk menganalisis mode kegagalan potensial dalam sistem untuk dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan kegagalannya menggunakan software PM BASIS dimana PM BASIS ini adalah software preventive maintenance database yang pada awalnya digunakan pada pembangkit nuklir Amerisa Serikat yang berencana mengurangi biaya pemeliharaan preventif (PM) dan memperbaiki kinerja peralatan serta memberikan informasi mendetail tentang tugas dan interval tugas yang paling tepat untuk yang penting jenis peralatan, sedangkan akuntansi untuk pengaruh fungsional, siklus kerja (duty cycle) dan kondisi pelayanan yang nantinya akan mengimprove worksheet perawatan yang sebelumnya.

### 3.6. Membandingkan Antara Worksheet Lama dengan Worksheet Saat Menggunakan PM BASIS

Setelah Worksheet PM BASIS selesai, lalu kedua worksheet baik saat hanya menggunakan manual book maupun saat menggunakan PM BASIS dibandingkan dan dianalisa improvementnya pada bagian mana saja. Improvement informasi ini sangat penting untuk memungkinkan fasilitas pembangkit listrik merencanakan dan memantau jadwal perawatan yang sangat dekat, bersamaan dengan mengendalikan dan mengelola biaya yang terkait dengan pembangkit

tenaga<sup>20</sup>. Informasi dalam laporan Basis PM pada awalnya ditujukan untuk digunakan selama pemutakhiran skala besar program PM pabrik secara keseluruhan seperti analisis RCM. Dalam aplikasi ini akan membuat pemilihan tugas menjadi lebih efisien, meningkatkan konsistensi antara analis, dan mendukung pembenaran untuk memberikan rekomendasi vendor atau untuk melakukan perubahan lainnya. Ini juga bisa digunakan saat memodifikasi tugas PM individu sebagai akibat dari perubahan kinerja, modifikasi peralatan, atau peralatan penuaan. EPRI telah mengembangkan audit slice secara vertical dan cepat untuk program PM utilitas yang dilakukan dengan peralatan sampling dalam dua atau tiga sistem di pabrik. Ini memberikan gambaran singkat dalam beberapa hari tentang bagaimana program PM pabrik dibandingkan dengan praktik industri sebagaimana dicontohkan dalam Basis PM EPRI. Basis PM juga dapat digunakan untuk memvalidasi tindakan dan sasaran perbaikan di aturan pemeliharaan saat ini terdiri dari perubahan terhadap perawatan preventif. Aspek penting bisa jadi alasan perubahan tugas atau interval adalah respon yang benar, dan aktivitas PM tugas harus disertakan. Banyak kegunaan lain dari informasi ini telah disarankan oleh utilitas termasuk pengoptimalan optimal interval tugas PM, evaluasi manfaat relatif yang diperoleh dengan melakukan tugas tertentu, dan pengembangan repositori pengalaman industri pada degradasi peralatan dan efektivitas PM sebagai database elektronik yang dapat diupdate yang berisi panduan penggunaannya dalam aplikasi.

### 3.7. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil dari review worksheet perawatan dan improvement worksheet perawatan pulverizer boiler PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan menggunakan software PM BASIS setelah dilakukan review dan analisa dari worksheet sebelumnya. Apa saja kekurangan dari data sebelumnya dan apa saja yang belum tercover dari worksheet perawatan pada tahun tahun sebelumnya, dan bagian mana saja yang perlu dilakukan improvement kedepannya dalam melakukan FMEA pada komponen pulverizer pada boiler sehingga kualitas maintenance meningkat.

---

<sup>20</sup> John P. Gaertner, Preventive Maintenance Basis Project Overview Report Update TR-106857- R1, Final Report, November 1998



## BAB 4 PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Identifikasi Penyebab dan Dampak Dalam FMEA

Langkah awal pada metode FMEA adalah menemukan faktor penyebab terjadinya risiko kerusakan pada peralatan coal handling khususnya pada Pulverizer, dan selanjutnya diidentifikasi untuk mencari faktor-faktor penyebabnya pada setiap komponen dari Pulverizer atau biasa disebut *failure mode* dan dampak kegagalan atau disebut *failure effect*. Setelah mendapatkan nilai RPN yang paling kritis, kemudian dilakukan *ranking* dari nilai yang paling tinggi dalam proses FMEA yaitu memberikan usulan perbaikan terhadap jenis kegagalan yang telah dirangking dari urutan prioritas. Hal tersebut bertujuan untuk memperbaiki risiko kerusakan yang terjadi pada komponen Pulverizer. Usulan diberikan pada urutan prioritas untuk segera dilakukan perbaikan berdasarkan *ranking* yang telah dibuat. Dimana langkah yang harus ditempuh adalah :

#### 1. Menentukan mode kegagalan dan efeknya

Tentukan semua mode kegagalan, berdasarkan persyaratan fungsional dan pengaruhnya. Contoh mode kegagalan adalah: hubungan arus pendek listrik, korosi atau deformasi. Modus kegagalan pada satu komponen dapat menyebabkan mode kegagalan pada komponen lain; Oleh karena itu setiap mode kegagalan harus tercantum dalam istilah teknis dan fungsinya. Setelah itu efek akhir dari setiap mode kegagalan perlu dipertimbangkan. Efek kegagalan didefinisikan sebagai akibat dari mode kegagalan pada fungsi sistem seperti yang dirasakan oleh pengguna. Dengan cara ini, lebih mudah untuk menuliskan efek ini dalam hal apa yang mungkin dilihat atau dialami pengguna. Contoh efek kegagalan adalah: kinerja terdegradasi, kebisingan atau bahkan cedera pada pengguna. Setiap efek diberikan angka keparahan (S) dari 1 (tidak berbahaya) sampai 10 (kritis). Angka-angka ini membantu seorang insinyur untuk memprioritaskan mode kegagalan dan pengaruhnya. Jika tingkat keparahan efek memiliki angka 9 atau 10, tindakan dianggap mengubah rancangan dengan menghilangkan mode kegagalan, jika memungkinkan, atau melindungi pengguna dari pengaruhnya. Tingkat keparahan 9 atau 10 umumnya disediakan untuk efek yang menyebabkan cedera pada pengguna atau mengakibatkan kematian.

Effect	Severity	Ranking
Major	Kerusakan parah yang bisa membuat unit berhenti total dan bisa sangat mahal untuk diperbaiki. Berbahaya bagi pekerja juga	8-10
Moderate	Unit rusak sedang yang masih dioperasikan tetapi dengan penggunaan terbatas untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menimbulkan potensi bahaya bagi pekerja	5-7
Minor	Kerusakan tidak begitu parah yang dapat dikelola dengan mudah dan unit masih dapat beroperasi sementara kerusakan terjadi	1-4

Tabel 4.1 Ranking Severity

## 2. Kejadian (O)

Pada langkah ini perlu untuk melihat penyebab mode kegagalan dan berapa kali terjadi . Hal ini dapat dilakukan dengan melihat produk atau proses serupa dan mode kegagalan yang telah didokumentasikan untuk mereka di masa lalu . Penyebab kegagalan dipandang sebagai kelemahan

desain. Semua penyebab potensial untuk mode kegagalan harus diidentifikasi dan didokumentasikan.<sup>21</sup>

Probability	Linguistic Variable	Rank
>100 Kasus per tahun	Sering terjadi	8-10
10-100 Kasus per tahun	Cukup jarang terjadi	5-7
<10 Kasus per tahun	Sangat jarang terjadi	1-4

Tabel 4.2 Ranking Occurence

### 3. Deteksi (D)

Bila tindakan yang tepat ditentukan, perlu untuk menguji efisiensinya. Selain itu, diperlukan verifikasi desain. Metode pemeriksaan yang tepat perlu dipilih. Pertama, seorang insinyur harus melihat kontrol sistem saat ini, yang mencegah mode kegagalan tidak terjadi atau yang mendeteksi kegagalan sebelum mencapai pelanggan. Setelah itu seseorang harus mengidentifikasi pengujian, analisis, pemantauan dan teknik lain yang dapat atau telah digunakan pada sistem serupa untuk mendeteksi kegagalan. Dari kontrol ini, seorang insinyur dapat mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadinya kegagalan untuk diidentifikasi atau dideteksi. Setiap kombinasi dari dua langkah sebelumnya menerima nomor deteksi (D). Ini memberi peringkat kemampuan tes dan inspeksi yang direncanakan untuk menghilangkan cacat atau mendeteksi mode kegagalan pada waktunya. Nomor deteksi yang ditugaskan mengukur risiko bahwa kegagalan akan lolos dari deteksi. Angka deteksi tinggi menunjukkan bahwa kemungkinan tinggi kegagalan akan lolos dari deteksi, atau dengan kata lain, kemungkinan deteksi rendah.

---

[2] <sup>21</sup> Aravinth .P, Muthu Kumar .T, Arun Dakshinamoorthy, Arun Kumar .N, A CRITICALITY STUDY BY DESIGN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PROCEDURE IN LINCOLN V350 PRO WELDING MACHINE, "International Journal of Advances in Engineering & Technology", July 2012, ISSN: 2231-1963.

Rank	Criteria	Percentage of detection
8-10	Sulit untuk dideteksi, Kesempatan jauh bahwa kontrol desain akan mendeteksi kesalahan / kesalahan tugas potensial, atau cacat akan tetap tidak terdeteksi sampai inspeksi atau pengujian dilakukan.	0-20%
5-7	Kemungkinan sistem kontrol moderat sampai dengan cukup rendah untuk mendeteksi mode kegagalan / kesalahan tugas (sulit dideteksi oleh operator)	30-60%
1-4	Kontrol saat ini hampir pasti/kemungkinan besar sistem kontrol akan mendeteksi potensi kegagalan	70-100%

Tabel 4.3 Ranking Detection

#### 4. Menentukan RPN

Nomor prioritas risiko (RPN) tidak memainkan peran penting dalam pilihan tindakan melawan mode kegagalan. RPN adalah nilai ambang lebih dalam evaluasi tindakan ini. Setelah menentukan tingkat keparahan, kejadian dan kemampuan mendeteksi, RPN dapat dengan mudah dihitung dengan mengalikan ketiga angka ini:

$$RPN = S \times O \times D$$

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BERUPA BATUBARA HALUS	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN YANG MASUK TIDAK MENCUKUPI	4 (Banyaknya pyrite menandakan batubara tidak terbakar sempurna dan panas yang dihasilkan kurang)	6 (Kasus udara yang tidak mencukupi 10-100 kasus per tahun)	4 (Pyrite dapat dicek dari sampling pada pyrite hopper)	96
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BANYAK	1. KERUSAKN SCRAPPER 2. PENURUNAN EFISIENSI	5. TENSION SPRING KURANG 6. SETTING CLASSIFIER TIDAK TEPAT	4 (Banyaknya pyrite menandakan batubara tidak terbakar sempurna dan panas yang dihasilkan kurang)	2 (Kasus rusaknya scrapper dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Pyrite dapat dicek dari sampling pada pyrite hopper)	32
MILL (LP10HFC)	MILL TERBAKAR	1. MILL TEMPERATURE HIGH DIATAS TEMPERATUR KERJA MILL ANTARA 150°F SAMPAI 170°F (65°C SAMPAI 82°C) DAN TRIP 2. KERUSAKAN MATERIAL	1. FEED RATE BATUBARA TERLALU BANYAK 2. PLUGGING PADA OUTLET MILL 3. DEBU BATUBARA YANG TERBAKAR	10 (Kebakaran pada mill dapat merusak bagian dalam mill dan mengakibatkan mill tidak dapat digunakan, akan berpengaruh pada kinerja boiler)	2 (Kasus plugging mill dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Adanya temperature indikator didalam mill dapat memantau mode kerusakan ini dengan mudah)	80



Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN
MILL LP10HFC)	MILL BERGETAR PADA SAAT BERPUTAR DALAM KONDISI KOSONG	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	5 (Bowl yang rusak dapat berpengaruh kepada hasil gilingan batubara menjadi tidak sesuai standar <200 mesh)	2 (Kasus grinding roll tidak center dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Terjadi audible noise dan dapat dicek menggunakan pengetes vibrasi)	192
MILL (LP10HFC)	MILL BERISIK PADA SAAT TERISI	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT 3. TERDAPAT MATERIAL ASING PADA BOWL 4. LINER TERLEPAS DAN JATUH KE BOWL 5. FEEDING BATUBARA KURANG	5 (Bowl yang rusak dapat berpengaruh kepada hasil gilingan batubara menjadi tidak sesuai standar <200 mesh)	2 (kasus grinding roll tidak center dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Terjadi audible noise dan dapat dicek menggunakan pengetes vibrasi)	40

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN
MILL (LP10HFC)	MAIN DRIVE SHAFT PATAH	MILL STOP	1. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	7 (Patahnya grinding shaft menyebabkan mill roller jatuh ke bowl dan dapat merusak bowl, gesekan yang terjadi dapat mengakibatkan panas yang membakar batubara dan membakar mill)	2 (Kasus tension tidak tepat dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Apabila main drive shaft patah akan mengeluarkan suara yang keras dan cukup mudah terdeteksi)	28
CLASSIFIER CONE (LP10HFC10)	IMPACT DAMAGE	INFLUENCE COAL FINENESS SEHINGGA HASIL GERUSAN BATUBARA <200 MESH	UPSTREAM (CRUSHER, FEEDER, MAGNETIC SEPARATOR) COMPONENT FAILURE	4 (Finnesse coal yang berkurang <200 mesh dapat membuat efisiensi pembakaran menurun)	2 (Kasus impact damage pada classifier dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan cone classifier cukup sulit dideteksi karena letaknya yang berada didalam mill)	48

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURRENCE	DETECTION	RPN
	WEAR	INFLUENCE COAL FINENESS SEHINGGA HASIL GERUSAN BATUBARA <200 MESH	ERROSION, NORMAL WEAR	4 (Finnesse coal yang berkurang >200 mesh dapat membuat efisiensi pembakaran menurun)	2 (Wear mill dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Wear pada classifier cone cukup sulit dideteksi karena posisinya yang berada didalam mill dan mengharuskan mill stop)	120

Tabel 4.4 Contoh RPN dari tiap mode kegagalan yang terjadi pada Pulverizer

#### 4.2. Pembuatan Failure Defense Task

Rangkaian pekerjaan FMEA diatas menghasilkan kesepakatan daftar prioritas kegiatan (Failure Defense Task/FDT) yang harus dituntaskan agar dapat memecahkan masalah yang berkaitan dan mengurangi pemeliharaan tidak terencana (Non Tactical Maintenance). Failure defense task ini berisi daftar pekerjaan yang harus dilakukan untuk menanggulangi kerusakan atau mode kegagalan yang mungkin terjadi pada Pulverizer agar performanya tetap maksimal dan bekerja sesuai denga load yang diinginkan

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BERUPA BATUBARA HALUS	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN YANG MASUK TIDAK MENCUKUPI	1. PATROL CHECK 2. MENAMBAH JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN	MENAMBAH JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BANYAK	1. KERUSAKN SCRAPER 2. PENURUNAN EFISIENSI	5. TENSION SPRING KURANG 6. SETTING CLASSIFIER TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARENCE 3. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA 4. INTERNAL CHECK MILL	1. ADJUST CLEARENCE 2. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA 3. INTERNAL CHECK MILL
MILL (LP10HFC)	MILL TERBAKAR	1. MILL TEMPERATURE HIGH DIATAS SUHU OPERASI NORMAL DAN TRIP 2. KERUSAKAN MATERIAL	1. FEED RATE BATUBARA TERLALU BANYAK 2. PLUGGING PADA OUTLET MILL 3. DEBU BATUBARA YANG TERBAKAR	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARENCE 3. PEMBERSIHAN PERALATAN DAN AREA DI SEKITARNYA	MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA

<b>Sub Equipment</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
MILL (LP10HFC)	MILL BERGETAR PADA SAAT BERPUTAR DALAM KONDISI KOSONG	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK 3. MENGGANTI GRINDING ROLL 4. ADJUST SPRING	1. MENGGANTI GRINDING ROLL 2. ADJUST SPRING 3. KALIBRASI ULANG PERALATAN. 4. MELAKUKAN PERBAIKAN PADA BOWL
MILL (LP10HFC)	MILL BERISIK PADA SAAT TERISI	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT 3. TERDAPAT MATERIAL ASING PADA BOWL 4. LINER TERLEPAS DAN JATUH KE BOWL 5. FEEDING BATUBARA KURANG	Usulan failure mode baru	1. MENGGANTI GRINDING ROLL 2. PENGGANTIAN PERALATAN LINER 3. CHECK BOWL 4. KALIBRASI ULANG PERALATAN 5. MENAIKKAN FEEDING RATE BATUBARA
MILL (LP10HFC)	MAIN DRIVE SHAFT PATAH	MILL STOP	1. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK 3. ADJUST/RESTTING ROLL TENSION	1. INTERNAL CHECK 2. ADJUST/RESTTING ROLL TENSION 3. KALIBRASI ULANG PERALATAN 4. PENGGANTIAN MAIN DRIVE SHAFT

<b>Sub Equipment</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL TINGGI DIATAS 3.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM	FLOW BATUBARA BERLEBIHAN (OVERLOAD) FINENESS BATUBARA TERLALU TINGGI FLOW UDARA PRIMARY BERLEBIHAN TERDAPAT LUBANG/CELAH DI SEKITAR BOWL	Usulan failure mode baru	1. MENGURANGI FLOW BATUBARA KE DALAM MILL 2. PERIKSA KEKERASAN BATUBARA (HGI) 3. ADJUST CLASSIFIER BLADES 4. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER 5. PERIKSA AIR FLOW CONTROL SYSTEM 6. LEPAS SATU RING AIR RESTRICTION PADA VANE WHEEL
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL RENDAH DIBAWAH 1.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM, UNBURN CARBON	PLUGGING INLET MILL FLOW BATUBARA KURANG KEBOCORAN TAPPING	Usulan failure mode baru	1. PEMERIKSAAN COAL FEEDER DAN BERSIHKAN PLUGGING PADA INLET MILL 2. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER

<b>Sub Equipment</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
MILL (LP10HFC)	COAL FINENESS TIDAK TEPAT < 200 MESH	1. PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM 2. UNBURN CARBON, POST COMBUSTION (APABILA 200MESH <70%)	1. PENGATURAN CLASSIFIER TIDAK BENAR 2. SETTINGAN CLASSIFIER BLADE TIDAK SESUAI DENGAN KALIBRASI 3. KERUSAKAN (KASAR,CRACK) PADA PERMUKAAN DEFLECTOR BLADES 4. POSISI INVERTED CONE YANG TIDAK SEJAJAR 5. TERDAPAT LUBANG PADA INNER CONE DAN LINERS	Usulan failure mode baru	1. BUKA TUTUP DEFLECTOR BLADES SESUAI DENGAN UKURAN 2. KALIBRASI DEFLECTOR BLADES 3. PERIKSA ATAU PERBAIKI 3. ATUR JARAK CLEARANCE MINIMUM 3" 4. PERIKSA/PERBAIKI(TAMBAL) ATAU GANTI CONE ATAU LINERS SESUAI UKURAN

Tabel 4.4 Contoh Failure Defense Task dari tiap mode kegagalan yang terjadi pada Pulverizer

#### 4.3 Melakukan Review Terhadap FMEA Terdahulu dan Membandingkan Dengan FMEA Yang Diusulkan.

Tujuan dari pembuatan review ini adalah adalah improvement dalam worksheet perawatan dan analisa failure rate pada komponen yang akan diaplikasikan pada PLTU UBJOM Sudimoro pacitan dengan harapan akan menambah efektivitas perawatan pada PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan dan berdampak pada peningkatan dalam maintenance di PLTU UBJOM Sudimoro Pacitan. Oleh karena itu perlu dilakukan review dan membandingkan FMEA sebelum menggunakan software dan setelah menggunakan software agar dapat terlihat improvement yang diinginkan. Pembanding dari usulan FMEA yang penulis lakukan adalah FMEA Boiler pada tahun 2016. Berikut adalah review dan perbandingan dari masing-masing komponen.

##### 1. Classifier

<b>Komponen (Sub Equipment)</b>	<b>Mode Kerusakan (Failure Mode)</b>	<b>Dampak Kerusakan (Failure Effect)</b>	<b>Penyebab Kerusakan (Effect Cause)</b>	<b>Maintenance Existing</b>
CLASSIFIER	LOSS OF IGNITION	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	BATUBARA KASAR	1. SAMPLING BATUBARA 2. PATROL CHECK 3. ADJUST CLASSIFIER UNTUK MENINGKATKAN FINENESS
COAL PIPE	LOSS OF IGNITION	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	FLOW MASING-MASING COAL PIPE TIDAK SAMA	1. SAMPLING BATUBARA 2. PATROL CHECK

Tabel 4.6 FMEA Classifier dan Coal Pipe Pulverizer Tahun 2016



<b>Komponen (Sub Equipment)</b>	<b>Mode Kerusakan (Failure Mode)</b>	<b>Dampak Kerusakan (Failure Effect)</b>	<b>Penyebab Kerusakan (Effect Cause)</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
CLASSIFIER	KERUSAKAN/AUS PADA PLAT CLASSIFIER	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	BATUBARA KASAR SEHINGGA UKURAN BATUBARA <200 MESH	Usulan failure mode baru	ADJUST CLASSIFIER
COAL PIPE	KERUSAKAN/AUS PADA PLAT CLASSIFIER	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	FLOW MASING- MASING COAL PIPE TIDAK SAMA	Usulan failure mode baru	INSPEKSI PADA ORIFICE ATAU ELBOW UNTUK MEMERIKSA DESAIN ATAU KERUSAKAN KOMPONEN DAN MENGHITUNG FLOW PADA SETIAP COAL PIPE

Tabel 4.7 Usulan FMEA Classifier dan Coal Pipe Pulverizer

Pada tabel diatas adalah perbandingan dari FMEA tahun 2016 dan usulan FMEA yang diajukan, terdapat rekomendasi baru yang sebelumnya tidak terdapat pada RB Mill namun terdapat pada software yang diusulkan pada 2 komponen tersebut yaitu : Adjust Classifier pada komponen classifier dan Inspeksi Pada Orifice atau Elbow Untuk Memeriksa Desain atau Kerusakan Komponen dan Menghitung flow Pada Setiap Coal Pipe pada komponen Coal Pipe.

## 2. Lubrication Oil

Komponen (Sub Equipment)	Mode Kerusakan (Failure Mode)	Dampak Kerusakan (Failure Effect)	Penyebab Kerusakan (Effect Cause)	Maintenance Existing
LUB OIL	KEBOCORAN COOLER	PELUMAS TERKONTAMINASI	AIR PADA COOLER MENGKONTAMINASI PELUMAS	1. PATROL CHECK 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3. CORRECTIVE MAINTENANCE PERBAIKAN COOLER 4. OIL SAMPLING

Tabel 4.8 FMEA Lubrication Oil Pulverizer 2016

Komponen (Sub Equipment)	Mode Kerusakan (Failure Mode)	Dampak Kerusakan (Failure Effect)	Penyebab Kerusakan (Effect Cause)	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
LUB OIL	KEBOCORAN COOLER	PELUMAS TERKONTAMINASI	AIR PADA COOLER MENGKONTAMINASI PELUMAS	Usulan failure mode baru	1.PERBAIKAN COOLER 2.PERIKSA KANDUNGAN PELUMAS 3.PERIKSA KEBOCORAN PADA SISTEM 4.PERBAIKAN COOLER 5. OIL SAMPLING
LUB OIL	BERKURANGNYA PRESSURE LUBRIKASI	KERUSAKAN KOMPONEN GEARBOX	1. KEBOCORAN PADA SISTEM PELUMASAN 2. KERUSAKAN POMPA 3. FILTER OLI KOTOR 4. VISCOSITAS PELUMAS RENDAH (MENGALAMI PENURUNAN)	Usulan failure mode baru	1. PEMERIKSAAN DAN PEMBERSIHAN / PENGANTIAN FILTER OLI 2. PERBAIKAN POMPA 3. CEK VISCOSITAS PELUMAS 4. PERIKSA PELUMAS

Tabel 4.9 Usulan FMEA Lubrication Oil Pulverizer

Pada tabel diatas adalah perbandingan dari FMEA tahun 2016 dan usulan FMEA yang diajukan, terdapat rekomendasi baru yang sebelumnya tidak terdapat pada RB Mill namun terdapat pada software yang diusulkan pada 2 komponen tersebut yaitu : Perbaikan Cooler untuk menanggulangi kerusakan yang terjadi pada kebocoran cooler, selain itu ada penambahan mode kegagalan baru yaitu pressure lubrikasi yang berkurang dan FMEA terkait hal tersebut.

### 3. Gear Box

Komponen (Sub Equipment)	Mode Kerusakan (Failure Mode)	Dampak Kerusakan (Failure Effect)	Penyebab Kerusakan (Effect Cause)	Maintenance Existing
GEAR BOX	KERUSAKAN SEAL	PELUMAS TERKONTAMINASI	BATUBARA MENEMBUS DAN MERUSAK SEAL	1. INTERNAL CHECK 2. PENGANTIAN SEAL

Tabel 4.10 FMEA Gear Box Pulverizer 2016

Komponen (Sub Equipment)	Mode Kerusakan (Failure Mode)	Dampak Kerusakan (Failure Effect)	Penyebab Kerusakan (Effect Cause)	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
GEAR BOX	KERUSAKAN SEAL	GEARBOX AUS	MATERIAL SEAL (LIFETIME)	Usulan failure mode baru	PEMERIKSAAN/PERBAIKAN
	GEARBOX AUS	KERUSAKAN GEARBOX	PELUMAS KOTOR	Usulan failure mode baru	PEMERIKSAAN/PERBAIKAN MODIFIKASI TUTUP PELUMAS PENGADAAN SPARE GEARBOX

Tabel 4.11 Usulan FMEA Gear Box Pulverizer

Pada tabel diatas adalah perbandingan dari FMEA tahun 2016 dan usulan FMEA yang diajukan, terdapat rekomendasi baru yang sebelumnya tidak terdapat pada RB Mill namun terdapat pada software yang diusulkan pada 2 komponen tersebut yaitu : Perlunya pemeriksaan dan perbaikan rutin pada komponen gear box, modifikasi tutup pelumas untuk mencegah pelumas yang kotor lalu pengadaan spare part gear box di masa mendatang.

#### 4. Mill

<b>Sub Equipment(KKS)</b>	<b>Mode Kerusakan (Failure Mode)</b>	<b>Dampak Kerusakan (Failure Effect)</b>	<b>Penyebab Kerusakan (Effect Cause)</b>	<b>Maintenance Existing</b>
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BERUPA BATUBARA HALUS	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN YANG MASUK TIDAK MENCUKUPI	1. PATROL CHECK 2. MENAMBAH JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BANYAK	1. KERUSAKN SCRAPPER 2. PENURUNAN EFISIENSI	5. TENSION SPRING KURANG 6. SETTING CLASSIFIER TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARENCE 3. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA 4. INTERNAL CHECK MILL
MILL (LP10HFC)	MILL TERBAKAR	1. MILL TEMPERATURE HIGH DAN TRIP 2. KERUSAKAN MATERIAL	1. FEED RATE BATUBARA TERLALU BANYAK 2. PLUGGING PADA OUTLET MILL 3. DEBU BATUBARA YANG TERBAKAR	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARENCE 3. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA 4. PEMBERSIHAN PERALATAN DAN AREA DI SEKITARNYA
MILL (LP10HFC)	MILL BERGETAR PADA SAAT BERPUTAR DALAM KONDISI KOSONG	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK 3. MENGGANTI GRINDING ROLL 4. ADJUST SPRING

<b>Sub Equipment(KKS)</b>	<b>Mode Kerusakan (Failure Mode)</b>	<b>Dampak Kerusakan (Failure Effect)</b>	<b>Penyebab Kerusakan (Effect Cause)</b>	<b>Maintenance Existing</b>
MILL (LP10HFC)	MILL BERISIK PADA SAAT TERISI	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT 3. TERDAPAT MATERIAL ASING PADA BOWL 4. LINER TERLEPAS DAN JATUH KE BOWL 5. FEEDING BATUBARA KURANG	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK 3. MENGGANTI GRINDING ROLL 4. PENGGANTIAN PERALATAN LINER
MILL (LP10HFC)	MAIN DRIVE SHAFT PATAH	MILL STOP	1. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK 3. ADJUST/RESTTING ROLL TENSION

Tabel 4.12 FMEA Mill tahun 2016

Sub Equipment (KKS)	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL TINGGI DIATAS 3.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM	FLOW BATUBARA BERLEBIHAN (OVERLOAD) FINENESS BATUBARA TERLALU TINGGI FLOW UDARA PRIMARY BERLEBIHAN TERDAPAT LUBANG/CELAH DI SEKITAR BOWL	Usulan failure mode baru	1. MENGURANGI FLOW BATUBARA KE DALAM MILL 2. PERIKSA KEKERASAN BATUBARA (HGI) 3. ADJUST CLASSIFIER BLADES 4. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER 5. PERIKSA AIR FLOW CONTROL SYSTEM 6. LEPAS SATU RING AIR RESTRICTION PADA VANE WHEEL
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL RENDAH DIBAWAH 1.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM, UNBURN CARBON	PLUGGING INLET MILL FLOW BATUBARA KURANG KEBOCORAN TAPPING	Usulan failure mode baru	1. PEMERIKSAAN COAL FEEDER DAN BERSIHKAN PLUGGING PADA INLET MILL 2. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER
MILL (LP10HFC)	COAL FINENESS TIDAK TEPAT < 200 MESH	1. PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM 2. UNBURN CARBON, POST COMBUSTION (APABILA 200MESH <70%)	1. PENGATURAN CLASSIFIER TIDAK BENAR 2. SETTINGAN CLASSIFIER BLADE TIDAK SESUAI DENGAN KALIBRASI 3. KERUSAKAN (KASAR, CRACK) PADA PERMUKAAN DEFLECTOR BLADES 4. POSISI INVERTED CONE YANG TIDAK SEJAJAR	Usulan failure mode baru	1. BUKA TUTUP DEFLECTOR BLADES SESUAI DENGAN UKURAN 2. KALIBRASI DEFLECTOR BLADES 3. PERIKSA ATAU PERBAIKI 3. ATUR JARAK CLEARANCE MINIMUM 3" 4. PERIKSA/PERBAIKI(TAMBAL) ATAU GANTI CONE ATAU LINERS SESUAI UKURAN

Sub Equipment (KKS)	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
			5. TERDAPAT LUBANG PADA INNER CONE DAN LINERS		

Tabel 4.13 Usulan FMEA Mill

Pada tabel diatas adalah perbandingan dari FMEA tahun 2016 dan usulan FMEA yang diajukan, terdapat rekomendasi FMEA baru berdasarkan software yang penulis pakai sebagai acuan dalam pembuatan FMEA Mill ini yaitu kerusakan pada : DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL TINGGI, DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL RENDAH, dan COAL FINENESS TIDAK TEPAT. Penambahan ini sekaligus menambahkan mode kegagalan dan penanganannya yang tidak tercantum pada FMEA tahun 2016, jadi ada 3 improvement mode kegagalan yang penulis dapatkan dari database software yang menjadi acuan penulis dalam membuat usulan FMEA untuk boiler ini.

## 5. Mill Motor

Komponen (Sub Equipment)	Mode Kerusakan (Failure Mode)	Dampak Kerusakan (Failure Effect)	Penyebab Kerusakan (Effect Cause)	Maintenance Existing
MOTOR	VIBRASI	NOISE	BAUT PENGIKAT KENDUR	MEDIUM SPEED MILL ELECTRIC INSPECTION
			KERUSAKAN BEARING	MEDIUM SPEED MILL ELECTRIC INSPECTION
MOTOR	MOTOR FAULT	MILL TRIP	1.TEMPERATURE WINDING TINGGI 2.LEMBAB 3.TEMPERATURE BEARING PANAS	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3.MENGUKUR TEMPERATURE WINDING 4.MEMERIKSA SUMBER LISTRIK 5.MELAKUKAN HEATING MOTOR
MOTOR	VIBRASI TINGGI	1.EQUIPMENT TRIP 2.BEARING CEPAT RUSAK 3. TERMINAL TEMPERATURE SENSOR KENDOR	1. KOPLING TIDAK EKSENTRIS/MISALIAGMENT 2. BEARING ABRASI 3. UNBALANCE 4. MECHANICAL LOOSENESES ATAU KEKENDORAN	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3. PREDICTIVE MAINTENANCE 4. BALANCING
MOTOR	OVERHEATING DIMANA SUHU MOTOR DIATAS SUHU KERJA NORMAL YAITU DIATAS 180°C	KERUSAKAN WINDING	1. SERINGNYA START - STOP 2. ENVIRONMEN ( TEMPERATURE AMBEIEN TERLALU TINGGI) 3. BEBAN TERLALU TINGGI ( OVER LOAD) 4.TEGANGAN DROP ( UNBALANCE) 5.SALAH PELUMASAN	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3. CORRECTIVE MAINTENANCE



<b>Komponen (Sub Equipment)</b>	<b>Mode Kerusakan (Failure Mode)</b>	<b>Dampak Kerusakan (Failure Effect)</b>	<b>Penyebab Kerusakan (Effect Cause)</b>	<b>Maintenance Existing</b>
MOTOR	KOTOR	1.NILAI RESISTANSI TURUN 2. PANAS	1. DEBU MASUK KE WINDING 2. LINGKUNGAN KOTOR	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3. CORRECTIVE MAINTENANCE
MOTOR	LEMBAB	1. KARATAN PADA PART TERBENTUK KORONA 2.ISOLASI MENGALAMI DEGRADASI/ RUSAK 3.LIFE TIME BERKURANG	1. TINGKAT MOISTURE/ KELEMBAPAN TINGGI 2.TERKENA AIR	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE 3. CORRECTIVE MAINTENANCE
MOTOR	POWER SUPPLY TIDAK STABIL	1.OVER HEATING 2. WINDING RUSAK	1. VOLTAGE / TEGANGAN SERING NAIK TURUN MELEBIHI HARGA TOLERANSI 2. FREKUENSI RENDAH/ TINGGI	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE
MOTOR	BEARING PECAH/ MACET/RUSAK	1. VIBRASI 2. MILL TRIP	1.LIFE TIME BEARING SUDAH TUA 2.BEARING SUDAH AUS 3.KUALITAS BEARING YANG TIDAK STANDAR 4.KURANGNYA PELUMASAN	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. MELAKUKAN PENGGANTIAN BEARING
MOTOR	MOTOR FAULT	PERALATAN TRIP/ TIDAK DAPAT DIOPERASIKAN	OVERLOAD RELAY CONTACTOR KE DCS ( ARUS, MOTOR FAULT, START-STOP ) TERBAKAR	1. PATROL CHECK MELAKUKAN PENGECAKAN DAN MONITORING PERALATAN 2. PREVENTIVE MAINTENANCE

Tabel 4.14 FMEA Mill Motor Tahun 2016

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL MOTOR	OVERHEATING DENGAN SUHU OPERASI DIATAS 180 DERAJAT CELCIUS	MILL TRIP	ISOLASI RUSAK,KORSLETING,AMPERE TINGGI	Usulan failure mode baru	1. PEMBERSIHAN COOLER MOTOR 2. PERIKSA TERMINASI GROUNDING 3. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE & NDE (DCS) 4. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS) 5. PERIKSA AMPERE MOTOR 6. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR 7. BERSIHKAN PERALATAN
					1. PERIKSA KEBISINGAN 2. PERIKSA TEMPERATUR MOTOR 3. PERIKSA BAU ASAP 4. PERIKSA KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT
	ROTOR BAR RUSAK ATAU RETAK	MILL TRIP	1. PANAS 2. CACAT PABRIK 3. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TEMPERATUR COOLING 2. PERIKSA AMPERE MOTOR 3. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR

Tabel 4.15 Usulan FMEA Mill Motor

Untuk usulan FMEA Mill Motor selengkapnya dapat dilihat pada lampiran ke-3

Pada FMEA Tahun 2016, FMEA yang dilakukan hanya mencakup Mill motor secara general dan kerusakan apa saja yang mungkin terjadi pada Mill Motor tersebut secara keseluruhan, akan tetapi pada usulan FMEA yang penulis lakukan berdasarkan rekomendasi dari software FMEA yang penulis pakai, FMEA pada Mill Motor dilakukan secara keseluruhan dan juga dijabarkan kembali berdasarkan komponen komponen yang terdapat di dalam motor itu sendiri seperti : ROTOR WINDING, WEDGES, POLE PIECES, BANDING, MOTOR LEADS, SPACE HEATER, KIPAS ROTOR DAN HARDWARE, POROS, GASKET, LAMINASI MOTOR, DLL sehingga FMEA yang penulis lakukan lebih mendetail dan mencakup kerusakan kerusakan yang lebih detil dan tidak tercakup pada FMEA tahun 2016.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan penulis menggunakan software dapat disimpulkan bahwa

1. Penggunaan software dapat menambah new recommended failure defense task sehingga dapat memprediksi kemungkinan kerusakan yang akan terjadi pada boiler dengan lebih mudah dan menambah task sehingga database penganggulangan kerusakan boiler pada PTLU Sudimoro bertambah.
2. Berdasarkan dari hasil analisa, penulis menambahkan cukup banyak new failure defense task berdasarkan rekomendasi dari PM Base, Namun demikian, dengan seiring bertambahnya usia dari komponen dan pulverizer pada PLTU, penulis merekomendasikan untuk dilakukan penambahan secara terus menerus database penanggulangan kerusakan pada pulverizer. Sehingga sarana prasarana dapat mengakomodasi peningkatan frekuensi kerusakan di masa yang akan datang.
3. Meskipun dapat menambah failure defense task dengan cukup banyak, akan tetapi kelemahan dari software ini adalah terlalu menggeneralisir kerusakan sehingga parameter kerusakan secara detil tidak tercakup dan hanya mengatakan kerusakan secara umum. Ini akan menyulitkan dalam mengetahui bagaimana unit bisa mengalami kegagalan sehingga harus disesuaikan dengan parameter dari masing-masing unit. Kelemahan lainnya adalah tidak mencakup komponen komponen kecil seperti pipa, valve, sensing device, perpipaan, dll sehingga kurang mendetail dan hanya mencakup sub unit major saja.
4. Penambahan RPN pada analisa FMEA ini akan memudahkan dalam melakukan ranking equipment apa saja yang harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu berdasarkan tingkat keparahan, deteksi, dan frekuensi terjadi kerusakan. Juga akan menambah option perankingan perawatan di PLTU Sudimoro Pacitan

5. Penulisan FMEA pada pulverizer PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan masih belum memenuhi kaidah penulisan FMEA yang mengacu pada buku panduan penulisan FMEA
6. Pada Software PM BASE yang digunakan penulis, kekurangan lainnya adalah tidak tercakup efek kegagalan tersebut pada system, yang tercakup hanyalah failure mode dan cara untuk menanggulangnya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan dari analisis dan seluruh proses yang telah dilakukan penulis dalam melakukan analisis perawatan kerusakan pada boiler, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisis perawatan kerusakan pada boiler yaitu :

1. Dalam melakukan analisis perawatan kerusakan pada boiler PLTU Sudimoro Pacitan, data kerusakan yang didapatkan dan digunakan dalam analisis tersebut merupakan data pada tahun 2016. Untuk melakukan kajian yang serupa, akan lebih baik apabila data statis dan data dinamis yang digunakan merupakan data terbaru. Sehingga hasil perhitungan yang dilakukan lebih baik dan sesuai dengan kondisi terkini di lapangan.
2. Dalam melakukan analisis serupa yang berkaitan dengan perawatan kerusakan pada boiler harus mengerti seluruh komponen yang ada pada boiler sampai komponen yang paling kecil dan harus melakukan breakdown sampai unit terkecil untuk perencanaan perawatan yang lebih mendetail dan reliable.
3. Penulisan FMEA lebih disempurnakan lagi agar sesuai dengan acuan pada buku panduan penulisan FMEA karena penulisan FMEA pada pulverizer PT PJB UBJOM Sudimoro Pacitan masih belum sesuai

Analisis dari FMEA pada boiler ini karena berbagai kelemahan software diatas masih belum terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih baik dalam menganalisis FMEA pada boiler untuk mendapatkan hasil yang lebih objektif dan hasil analisis yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

*User Manual for HP-963 MEDIUM SPEED MILL*

*Moubray, John 1997. Reliability-centered Maintenance 2*

Janakiram, M. and Keats, J. B. (1995), "The use of FMEA in process quality improvement", International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Volume 2, Issue 1, pp. 103-115.

Pantazopoulos, G. and Tsinopoulos, G. (2005), "Process failure modes and effects analysis (PFMEA): A structured approach for quality improvement in the metal forming industry", Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 5, Issue 2, pp. 5-10

Aravinth .P, Muthu Kumar .T, Arun Dakshinamoorthy, Arun Kumar .N, A CRITICALITY STUDY BY DESIGN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PROCEDURE IN LINCOLN V350 PRO WELDING MACHINE, "International Journal of Advances in Engineering & Technology", July 2012, ISSN: 2231-1963.

Guidance on Failure Modes & Effects Analyses (FMEAs), "The International Marine Contractors Association", IMCA M 166, April 2002

Gaetner P, John. **Preventive Maintenance Basis** Project Overview Report Update **TR-106857- R1**, Final Report, November 1998

Kapil Dev Sharma, Shobhit Srivastava, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Enhancing Reliability of Water Tube Boiler in Thermal Power Plant

Tejaskumar S. Parsana, Mihir T. Patel, A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry

Vladimir Popović, Branko Vasić, Miloš Petrović, The Possibility for FMEA Method Improvement and its Implementation into Bus Life Cycle IEC Standard, IEC 60812: 'Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

### **LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN RPN PER FAILURE MODE**

<b>Sub Equipm ent</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>SEVERITY</b>	<b>OCCURREN CE</b>	<b>DETECTION</b>	<b>R P N</b>
MEDIU M SPEED MILL (LP10HF C10)	MILL COMBUSTION AKIBAT TEMPERATUR DALAM MILL DIATAS TEMPERATURE NORMAL SAAT BEKERJA YAITU ANTARA 65°C SAMPAI 82°C	1. TEMPERATUR MENINGKAT DRASTIS 2. KEBAKARAN MILL	1. TERDAPAT MATERIAL YANG MUDAH TERBAKAR IKUT TERBAWA BERSAMA BATUBARA (KERTAS,PLASTIK,KAYU DSB) 2. TIDAK DAPAT MEMBUKANYA OUTLET PYRITE HOPPER SEHINGGA MATERIAL MENUMPUK DI DALAM HOPPER 3. JUMLAH BATUBARA BERLEBIHAN SEDANGKAN FLOW AIR/ALIRAN UDARA KURANG SEHINGGA TERJADI PENUMPUKAN BATUBARA DI ATAS BOWL 4. TERJADI KERUSAKAN DAMPER - DAMPER YANG MENGATUR ALIRAN UDARA HOT DAN COLD AIR	10 (Kebakaran Mill dapat mengakibatkan kerusakan parah terhadap equipment dan berpotensi menghetikan unit dalam jangka waktu lama)	2 (Kejadian kegagalan Mill Combustion dibawah 10 kejadian dalam setahun)	4 (Deteksi Apabila terjadi kegagalan mudah)	8 0

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MEDIU M SPEED MILL (LP10HFC10)	TEMPERATURE OUTLET MILL TINGGI YAITU DIATAS ANTARA 65°C SAMPAI 82°C	KEBAKARAN, KERUSAKAN PERALATAN	INTERNAL COMBUSTION ( TERJADI KEBAKARAN DI DALAM MILL)	7 (Kebakaran Mill dapat mengakibatkan kerusakan parah terhadap equipment	2 (Kejadian dibawah 10 kasus per	4 (Detection dapat diketahui dengan mudah karena banyak	5 6
			HOT / COLD AIR DAMPER MENGALAMI KERUSAKAN	menghetikan unit)	tahun	sensor temperature)	
			PLUGGING PADA OUTLET FEEDER FEEDIN BATUBARA TERHENTI TIBA - TIBA, PRIMARY AIR TETAP MENGALIR				
MOTOR ROTOR (LP10HFC)	UNBALANCE	PUTARAN MOTOR TIDAK NORMAL	ABRASI PADA ROTOR	5 (Putaran motor abnormal dapat mengakibatkan terjadinya noise dan dapat merusak girboks)	2 (kasus unbalance terjadi dibawah 10 kasus pertahun)	4 (Detection kegagalan mudah)	4 0
			PENGOPERASIAN TIDAK SESUAI SOP				
			ROTOR KOTOR				
			DEPOSIT PADA MOTOR ROTOR				
			PELUMASAN KURANG				
	VIBRASI	NOISE	BAUT PENGIKAT KENDOR	5 (Adanya noise tidak berefek parah pada equipment akan tetapi apabila dibiarkan dapat menjadi lebih parah)	2 (dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Deteksi adanya noise dapat secara langsung tanpa alat)	4 0
			PONDASI RUSAK				



Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
DAMPE R INLET HOT AIR DAN COLD AIR (LP10HF E51AA7 01A)	KOROSI	DAMPER TIDAK DAPAT MEMBUKA/M ENUTUP DENGAN SEMPURNA	TERJADI KOROSI	5 (Korosi apabila terus dibiarkan dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup parah)	6 (Kasus damper korosi antara 10-100 kasus per tahun)	4 (Kerusakan damper dapat diobservasi dengan mudah)	1 2 0
DAMPE R INLET HOT AIR DAN COLD AIR (LP10HF E51AA7 01A)	KEBOCORAN DUCTING	MENGURANGI FLOW UDARA HOT KE MILL	CRACK PADA SAMBUNGAN/LAS-LASAN	6 (Adanya crack dapat merambat dan mengakibatkan putus pada sambungan las)	2 (kasus kebocoran ducting dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Mencari crack pada ducting cukup sulit)	2 4
INLET MILL (LP10HF B10)	PLAT RUSAK, BOCOR	BATUBARA MENYEMBUR KELUAR	ABRASI	5 (Batubara yang menyembur dapat mengurangi panas boiler karena asupan batubara berkurang,kerusakan plat cukup lama perbaikannya)	2 (dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Batubara yang menyembur yang mudah terlihat sebagai tanda dari kerusakan)	4 0

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
ORIFICE (LP10HF B10)	MACET	TIDAK DAPAT MENGATUR VELOCITY BATUBARA MASUK KE FURNACE	PLUGGING PADA GEAR	4 (Apabila velocity berkurang maka feeding batubara tidak sesuai dan panas tidak tercapai dengan optimal)	2 (Kasus orifice terjadi dibawah 10 kasus per tahun)	5 (Dapat diidentifikasi dengan cukup mudah)	4 0
ELBOW COAL PIPE (LP10HF )	CERAMIC LEPAS	BATUBARA MENYEMBUR KELUAR	ABRASI	5 (Batubara yang menyembur dapat mengurangi panas boiler karena asupan batubara berkurang)	2 (Kasus abrasi dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Deteksi kerusakan hampir sama dengan kerusakan plat pada inlet mill)	4 0
GEAR BOX ( LP10HF C10)	KERUSAKAN SEAL	GEARBOX AUS	MATERIAL SEAL (LIFETIME)	6 (Gearbox aus akan membuat peralatan menjadi tidak dapat berfungsi dan harus mengganti gearbox)	2 (kasus gearbox aus dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Rusaknya seal cukup sulit karena berada didalam gearbox)	7 2

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
	GEARBOX AUS	KERUSAKAN GEARBOX	PELUMAS KOTOR	5 (Kerusakan gearbox akan mengakibatkan kinerja mill berkurang)	2 (Kasus kerusakan akibat pelumas kotor dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Gearbox aus dapat dilihat dari malfungsi pada saat gearbox dioperasikan)	40
LUB OIL	KEBOCORAN COOLER	PENDINGINAN KURANG SEHINGGA SUHU LUBRIKAN DIATAS 104°F (40°C).	KOROSI	4 (Kebocoran pada cooler mengakibatkan pendinginan pada motor berkurang dan berpotensi menyebabkan overheat)	2 Kebocoran cooler dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Indikator suhu lubrikan adalah indikator yang mudah dipantau)	32
	KERUSAKAN RUBBER COUPLING	VIBRASI, LUB OIL STOP	LIFETIME	4 (Berhentinya suplai lub oil mengakibatkan pendinginan pada motor berkurang dan berpotensi menyebabkan overheat)	2 (Kerusakan rubber coupling dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Rusaknya rubber coupling akibat wear ditandai dari lub oil yang berhenti dan adanya getaran)	32

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
LUB OIL	KEBOCORAN PADA FLANGE	LEVEL PELUMAS TURUN DIBAWAH 50 GAL(188l) SEBELUM GEARBOX DIOPERASIKAN	BAUT KENDOR	4 (Bocor pada flange lub oil akan mengakibatkan suplai lub oil ke bagian motor berkurang mengakibatkan pendinginan pada motor berkurang dan berpotensi menyebabkan overheat)	2 (Kebocoran flange dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Level pelumas dapat dipantau dari gauge)	3 2
			KERUSAKAN PACKING				
			FLEXIBLE JOINT RUSAK				
	FILTER PLUGGING/RUSAK	PRESSURE BERKURANG DIBAWAH 38 gpm PADA 100 psig,	KOTORAN	4 (Berkurangnya pressure lub oil menandakan pelumasan tidak maksimal mengakibatkan pendinginan pada motor berkurang dan berpotensi menyebabkan overheat)	6 (Filter plugging antara 10-100 kasus per tahun)	4 (Pressure dapat dipantau dari pressure indicator)	9 6
CLASSIFIER (LP10HF C10)	KERUSAKAN/AUS PADA PLAT CLASSIFIER SEHINGGA BATUBARA YANG MEMILIKI UKURAN DIBAWAH 200 MESH DAPAT LOLOS	1.PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	BATUBARA KASAR	4 (Tidak sempurnanya pembakaran akibat batubara kasar akan menurunkan efisiensi pembakaran sehingga dibutuhkan lebih banyak batubara untuk mencapai suhu yang diinginkan)	2 (Kerusakan plat classifier dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan plat classifier cukup sulit dideteksi karena letaknya yang berada didalam mill,kerusakan baru terdeteksi apabila suhu dalam boiler tidak sesuai atau terjadi pembakaran yang berbeda dari biasanya)	1 6 8

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
COAL PIPE (LP10HF C10)	KERUSAKAN/A US PADA PLAT CLASSIFIER SEHINGGA BATUBARA YANG MEMILIKI UKURAN DIBAWAH 200 MESH DAPAT LOLOS	1.PEMBAKARA N TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	FLOW MASING-MASING COAL PIPE TIDAK SAMA	4 (Kerusakan pada classifier akan mengakibatkan flow berbeda karena classifier akan mengkalsifikasikan batubara secara berbeda (karena rusak) dan berakibat masing-masing mill akan menyemburkan batubara dengan flow berbeda dan menurunkan efisiensi pembakaran)	2 (Kerusakan plat classifier dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Deteksi kerusakan classifier berada didalam mill sehingga cukup sulit dideteksi)	48
GEAR BOX (LP10HF C10)	KERUSAKAN SEAL	PELUMAS TERKONTAMI NASI	BATUBARA MENEMBUS DAN MERUSAK SEAL	5 (Kerusakan pada seal akan membuat lub oil terkontaminasi pengotor dari luar atau membuat lub oil bocor sehingga motor dapat overheating)	2 (Kerusakan seal gearbox dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Rusaknya seal cukup sulit karena berada didalam gearbox)	60
LUB OIL (LP10HF C10)	KEBOCORAN COOLER	PELUMAS TERKONTAMI NASI SEHINGGA TERDAPAT KANDUNGAN AIR PADA PELUMAS	AIR PADA COOLER MENGKONTAMINASI PELUMAS	5 ( Air yang mengontaminasi lub oil membuat lub oil terkontaminasi pengotor dari luar atau membuat lub oil bocor sehingga motor dapat mengalami overheating)	2 (Kebocoran cooler dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Dapat dengan mudah dianalisa melalui sampling pelumas)	40

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BERUPA BATUBARA HALUS	1.PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN YANG MASUK TIDAK MENCIKUP	4 (Banyaknya pyrite menandakan batubara tidak terbakar sempurna dan panas yang dihasilkan kurang)	6 (Kasus udara yang tidak mencukupi 10-100 kasus per tahun)	4 (Pyrite dapat dicek dari sampling pada pyrite hopper)	96
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BANYAK	1. KERUSAKAN SCRAPER 2. PENURUNAN EFISIENSI	5. TENSION SPRING KURANG 6. SETTING CLASSIFIER TIDAK TEPAT	4 (Banyaknya pyrite menandakan batubara tidak terbakar sempurna dan panas yang dihasilkan kurang)	2 (Kasus rusaknya scrapper dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Pyrite dapat dicek dari sampling pada pyrite hopper)	32
MILL (LP10HFC)	MILL TERBAKAR	1. MILL TEMPERATUR E HIGH DIATAS TEMPERATUR KERJA MILL ANTARA 150°F SAMPAI 170°F (65°C SAMPAI 82°C) DAN TRIP 2.KERUSAKAN MATERIAL	1. FEED RATE BATUBARA TERLALU BANYAK 2. PLUGGING PADA OUTLET MILL 3. DEBU BATUBARA YANG TERBAKAR	10 (Kebakaran pada mill dapat merusak bagian dalam mill dan mengakibatkan mill tidak dapat digunakan,akan berpengaruh pada kinerja boiler)	2 (Kasus plugging mill dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Adanya temperature indikator didalam mill dapat memantau mode kerusakan ini dengan mudah)	80

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MILL LP10HF C)	MILL BERGETAR PADA SAAT BERPUTAR DALAM KONDISI KOSONG	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	5 (Bowl yang rusak dapat berpengaruh kepada hasil gilingan batubara menjadi tidak sesuai standar <200 mesh)	2 (Kasus grinding roll tidak center dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Terjadi audible noise dan dapat dicek menggunakan pengetes vibrasi)	192
MILL (LP10HF C)	MILL BERISIK PADA SAAT TERISI	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT 3. TERDAPAT MATERIAL ASING PADA BOWL 4. LINER TERLEPAS DAN JATUH KE BOWL 5. FEEDING BATUBARA KURANG	5 (Bowl yang rusak dapat berpengaruh kepada hasil gilingan batubara menjadi tidak sesuai standar <200 mesh)	2 (kasus grinding roll tidak center dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Terjadi audible noise dan dapat dicek menggunakan pengetes vibrasi)	40
MILL (LP10HF C)	MAIN DRIVE SHAFT PATAH	MILL STOP	1. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	7 (Patahnya grinding shaft menyebabkan mill roller jatuh ke bowl dan dapat merusak bowl, gesekan yang terjadi dapat mengakibatkan panas yang membakar batubara dan membakar mill)	2 (Kasus tension tidak tepat dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Apabila main drive shaft patah akan mengeluarkan suara yang keras dan cukup mudah terdeteksi)	28

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
CLASSIFIER CONE (LP10HF C10)	IMPACT DAMAGE	INFLUENCE COAL FINENESS SEHINGGA HASIL GERUSAN BATUBARA <200 MESH	UPSTREAM (CRUSHER, FEEDER, MAGNETIC SEPARATOR) COMPONENT FAILURE	4 (Finnesse coal yang berkurang <200 mesh dapat membuat efisiensi pembakaran menurun)	2 (Kasus impact damage pada classifier dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan cone classifier cukup sulit dideteksi karena letaknya yang berada didalam mill)	48
	WEAR	INFLUENCE COAL FINENESS SEHINGGA HASIL GERUSAN BATUBARA <200 MESH	ERROSION, NORMAL WEAR	4 (Finnesse coal yang berkurang >200 mesh dapat membuat efisiensi pembakaran menurun)	2 (Wear mill dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Wear pada classifier cone cukup sulit dideteksi karena posisinya yang berada didalam mill dan mengharuskan mill stop)	120
LUB OIL (LP10HF C10)	BERKURANGNYA PRESSURE LUBRIKASI DIBAWAH 38 gpm PADA 100 psig	KERUSAKAN KOMPONEN GEARBOX	1. KEBOCORAN PADA SISTEM PELUMASAN 2. KERUSAKAN POMPA 3. FILTER OLI KOTOR 4. VISCOSITAS PELUMAS RENDAH (MENGALAMI PENURUNAN)	5 (Berhentinya suplai lub oil mengakibatkan pendinginan pada motor berkurang dan berpotensi menyebabkan overheat)	2 (Kerusakan pada komponen pelumasan dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Dapat dideteksi dengan mudah oleh pressure indicator)	40



Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MILL (LP10HFC)	TEMPERATURE OUTLET MILL RENDAH / KURANG YAITU (65°C< OUTLET MILL <71°C)	MILL TIDAK BISA DIOPERASIKAN KARENA TEMPERATUR E PERMIT UNTUK START TIDAK TERCAPAI (65°C< OUTLET MILL <71°C)	1. KONDISI BATUBARA YANG SANGAT LEMBAB/BASAH 2. HOT AIR GATE TIDAK DAPAT DIBUKA (OPEN FAULT) 3. TERJADI KERUSAKAN PADA HOT AIR DAMPER 4. TEMPERATURE PRIMARY AIR RENDAH 5. FLOW UDARA KURANG	7 (Tidak beroperasinya mill dapat mengakibatkan berhentinya produksi dan menghambat kinerja boiler,kerugian pun akan terjadi karena pembangkit tidak beroperasi)	6 (Kasus mill tidak beroperasi antara 10-100 kasus per tahun)	4 (Dapat dideteksi dengan mudak oleh temperature indicator)	1 5 6
MILL MOTOR (LP10HFC10)	AMPERE TINGGI	MILL TRIP	1. JUMLAH BATUBARA YANG TERLALU BANYAK 2. KONDISI BATUBARA SANGAT LEMBAB/BASAH 3. FINENESS BATUBARA YANG BERLEBIHAN 4. KEKUATAN GRINDING YANG BERLEBIHAN 5. BATUBARA KOSONG	7 (Tidak beroperasinya mill dapat mengakibatkan berhentinya produksi dan menghambat kinerja boiler,kerugian pun akan terjadi karena pembangkit tidak beroperasi)	6 (Kasus mill tidak beroperasi antara 10-100 kasus per tahun)	4 (Adanya amperemeter dalam mill akan memudahkan mendeteksi kerusakan ini)	1 5 6

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MILL MOTOR (LP10HF C10)	AMPERE RENDAH	AUXILLARY POWER CONSUMTIO N	1. KERUSAKAN JOURNAL 2. FLOW BATUBARA KURANG 3. COUPLING MOTOR RUSAK / LEPAS	6 (Bearing yang rusak dapat mempengaruhi kinerja motor dan rusaknya coupling dapat mengakibatkan motor malfungsi dan tidak bekerja)	2 (Kerusakan bearing dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Adanya amperemeter dalam mill akan memudahkan mendeteksi kerusakan ini)	48
MILL	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL TINGGI DIATAS 3.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM	FLOW BATUBARA BERLEBIHAN (OVERLOAD) FINENESS BATUBARA TERLALU RENDAH FLOW UDARA PRIMARY BERLEBIHAN TERDAPAT LUBANG/CELAH DI SEKITAR BOWL	4 (Flow berlebih dapat diakibatkan oleh kerusakan feeder dan akan membuat batubara tidak tergerus sempurna >200 mesh	2 (Overflow dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Untuk mendeteksi differential pressure yang tinggi menggunakan pressure gauge yang ada pada mill)	32
MILL (LP10HF C)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL RENDAH DIBAWAH 1.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM, UNBURN CARBON	PLUGGING INLET MILL FLOW BATUBARA KURANG KEBOCORAN TAPPING	5 (Difference pressure rendah disebabkan oleh inlet mill yang tersumbat,dapat mengakibatkan pasokan batubara terganggu)	2 (dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Untuk mendeteksi kerusakan menggunakan pressure gauge	40
COAL PIPE (LP10HF C10)	TIDAK ADA ALIRAN BATUBARA	1. FLAME LOSS 2. MILL IGNITION/CO MBUSTION	1. COAL PIPE BUNTU/PLUGGING 2. TIDAK ADA ALIRAN BATUBARA DARI COAL FEEDER/TERHALANG MATERIAL ASING	4 (Pasokan batubara yang berhenti mengakibatkan api dalam boiler mengecil sehingga suhu yang diinginkan tidak tercapai)	2 (Coal pipe buntu dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Kerusakan dapat diamati pada flowmeter coal feeder	32

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
			3. TERJADI PENYUMBATAN PADA ORIFICE				
MILL (LP10HFC)	COAL FINENESS TIDAK TEPAT DIMANA JUMLAH BATUBARA YANG KELUAR DARI MILL DENGAN 200MESH BERJUMLAH <70%	1. PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM 2. UNBURN CARBON, POST COMBUSTION (APABILA 200MESH <70%)	1. PENGATURAN CLASSIFIER TIDAK BENAR 2. SETTINGAN CLASSIFIER BLADE TIDAK SESUAI DENGAN KALIBRASI 3. KERUSAKAN (KASAR, CRACK) PADA PERMUKAAN DEFLECTOR BLADES 4. POSISI INVERTED CONE YANG TIDAK SEJAJAR 5. TERDAPAT LUBANG PADA INNER CONE DAN LINERS	4 (Pembakaran yang tidak optimal akibat batubara yang masih kasar <200 mesh akan menurunkan suhu pembakaran dan meninggalkan residu carbon dalam bentuk fly ash dalam jumlah tinggi)	2 (Kerusakan classifier dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kegagalan pada classifier susah terdeteksi karena posisi classifier yang berada didalam mill)	48
MILL MOTOR (LP10HFC10)	OVERHEATING DIMANA SUHU MILL DIATAS SUHU KERJA NORMAL YAITU DIATAS 180°C	MILL TRIP	PENYUMBATAN VENTILASI UDARA SERINGKALI OLEH DEBU BATUBARA	8 (Mill trip dapat mengakibatkan suplai ke boiler berkurang dan mengakibatkan pembakaran terganggu atau putaran turbin berkurang akibat uap yang menurun panasnya, Overheating juga dapat membakar motor dan merusak komponen dalam motor.	2 (penyumbatan ventilasi dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Overheating mudha dideteksi oleh temperature indicator didalam mill)	64

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
MILL MOTOR (LP10HF C10)	ROTOR BAR RUSAK ATAU RETAK	MILL TRIP	1. PANAS 2. CACAT PABRIK 3. VIBRASI	5 (Mill trip dapat mengakibatkan suplai ke boiler berkurang dan mengakibatkan pembakaran terganggu atau putaran turbin berkurang akibat uap yang menurun panasnya)	2 (Rotor bar rusak dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan rotor bar dapat diketahui dari audible noise tapi dapat juga susah karena letaknya yang didalam motor)	60
	BEARING RUSAK		GAGAL PELUMASAN	5 (Mill trip dapat mengakibatkan suplai ke boiler berkurang dan mengakibatkan pembakaran terganggu atau putaran turbin berkurang akibat uap yang menurun panasnya)	2 (Bearing rusak dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan bearing sulit dideteksi akibat posisi bearing yang dalam motor)	60
	WINDING RUSAK		1. USIA 2. ISOLASI RUSAK	7 (Mill trip dapat mengakibatkan suplai ke boiler berkurang dan mengakibatkan pembakaran terganggu atau putaran turbin berkurang akibat uap yang menurun panasnya,kerusakan isolasi dapat mengakibatkan listrik mengalir keluar dan membahayakan pekerja)	2 (Winding rusak dibawah 10 kasus per tahun)	4 (Kerusakan winding dideteksi dengan aliran listrik yang mengalir akibat isolasi rusak)	56

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	SEVERITY	OCCURREN CE	DETECTION	R P N
LOCAL PANEL BOX LP10HF C10)	TIDAK BISA DIOPERASIKAN DARI LOKAL ATAU LOCAL BOX TIDAK MERESPONS SAAT DIOPERASIKAN	TIDAK BISA MENJALANKAN MILL DARI LOKAL	1. MASUKNYA DEBU BATUBARA 2. USIA	3 (Local panel box yang kotor dapat mengakibatkan tidak berfungsinya panel box akan tetapi masih bisa dijalankan dari main control room)	6 (Kerusakan panel box antara 10-100 kerusakan per tahun)	4 (Kerusakan local panel box dapat dicek apabila percobaan mengoperasikan tidak berfungsi)	7 2
ROTOR BARS & SHORTING RINGS (LP10HF C10)	LONGGAR		1. CYCLE FATIGUE 2. THERMAL FATIGUE 3. DUTY CYCLE 4. DESIGN DE EFICIENCY	5 (Kerusakan rotor dapat membuat kinerja motor menurun)	2 (Rotor longgar dibawah 10 kasus per tahun)	6 (Kerusakan rotor bar sulit dideteksi karena didalam motor)	6 0

### **LAMPIRAN 2 FAILURE DEFENSE TASK**

Sub Equipme nt	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MOTOR ROTOR (LP10HFC 10)	UNBALANCE	PUTARAN MOTOR TIDAK NORMAL	ABRASI PADA ROTOR	MEDIUM SPEED MILL MECHANIC INSPECTION	1. PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 2.PENGECEKAN POLA PENGOPERASIAN 3PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 4.PERIKSA KELAINAN SUARA, DILAKUKAN CLEANING JIKA DIPERLUKAN 5.PERIKSA KEBOCORAN MINYAK PELUMAS TERUTAMA DI DAERAH ELBOW 6.PENGECEKAN KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT 7.PENGECEKAN KONDISI PONDASI, DILAKUKAN PERBAIKAN JIKA DIPERLUKAN 8.PENAMBAHAN GREASE
			PENGOPERASIAN TIDAK SESUAI SOP		
			ROTOR KOTOR		
			DEPOSIT PADA MOTOR ROTOR	1. PATROL CHECK RUTIN OPERATOR SETIAP SHIFT PADA AREA MILL	
			PELUMASAN KURANG	2. MEDIUM SPEED MILL MECHANIC INSPECTION	
			VIBRASI	NOISE	
	PONDASI RUSAK				

Sub Equipme nt	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
DAMPER INLET HOT AIR DAN COLD AIR	KOROSI	DAMPER TIDAK DAPAT MEMBUKA/MENUT UP DENGAN SEMPURNA	TERJADI KOROSI	PADA AREA MILL2. MEDIUM SPEED MILL MECHANIC INSPECTION	1. PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 2.PENGECEKAN POLA PENGOPERASIAN 3PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 4.PERIKSA KELAINAN SUARA, DILAKUKAN CLEANING JIKA DIPERLUKAN 5.PERIKSA KEBOCORAN MINYAK PELUMAS TERUTAMA DI DAERAH ELBOW 6.PENGECEKAN KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT 7.PENGECEKAN KONDISI PONDASI, DILAKUKAN PERBAIKAN JIKA DIPERLUKAN 8.PENAMBAHAN GREASE
	KEBOCORAN DUCTING	MENGURANGI FLOW UDARA HOT KE MILL	CRACK PADA SAMBUNGAN/LAS-LASAN		PERBAIKAN / PENGGANTIAN DUCTING YANG MENGALAMI KEBOCORAN
INLET MILL (LP10HFC)	PLAT RUSAK, BOCOR	BATUBARA MENYEMBUR KELUAR	ABRASI	1. PATROL CHECK RUTIN OPERATOR SETIAP SHIFT PADA AREA MILL	1.PENGGANTIAN PLAT YANG RUSAK 2.PERIKSA KEKUATAN SAMBUNGAN PLAT INLET MILL
ORIFICE	MACET	TIDAK DAPAT MENGATUR VELOCITY BATUBARA MASUK KE FURNACE	PLUGGING PADA GEAR	1. PATROL CHECK RUTIN OPERATOR SETIAP SHIFT PADA AREA MILL 2. MEDIUM SPEED MILL MECHANIC INSPECTION	PEMERIKSAAN / PEMBERSIHAN ORIFICE

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
ELBOW COAL PIPE	CERAMIC LEPAS	BATUBARA MENYEMBUR KELUAR	ABRASI	1. PATROL CHECK RUTIN OPERATOR SETIAP SHIFT PADA AREA MILL 2. MEDIUM SPEED MILL MECHANIC INSPECTION	PEMERIKSAAN / PENGANTIAN KERAMIK ELBOW
GEAR BOX (LP10HFC 10)	KERUSAKAN SEAL	GEARBOX AUS	MATERIAL SEAL (LIFETIME)	Usulan failure mode baru	1.PENGANTIAN SEAL GEARBOX
	GEARBOX AUS	KERUSAKAN GEARBOX	PELUMAS KOTOR	Usulan failure mode baru	1.PEMERIKSAAN/PERBAIKAN 2.MODIFIKASI TUTUP PELUMAS 3.PENGADAAN SPARE GEARBOX
LUB OI (LP10HFC 10)L	KEBOCORAN COOLER	PENDINGINAN KURANG SEHINGGA SUHU LUBRIKAN DIATAS 113°- 130°F (45°- 55°C)	KOROSI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 2.PENGECEKAN POLA PENGOPERASIAN 3PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 4.PERIKSA KELAINAN SUARA, DILAKUKAN CLEANING JIKA DIPERLUKAN 5.PERIKSA KEBOCORAN MINYAK PELUMAS TERUTAMA DI DAERAH ELBOW 6.PENGECEKAN KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT



Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	KERUSAKAN RUBER COUPLING	VIBRASI, LUB OIL STOP	LIFETIME	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 2.PENGECEKAN POLA PENGOPERASIAN 3PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 4.PERIKSA KELAINAN SUARA, DILAKUKAN CLEANING JIKA DIPERLUKAN 5.PERIKSA KEBOCORAN MINYAK PELUMAS TERUTAMA DI DAERAH ELBOW 6.PENGECEKAN KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT
LUB OI (LP10HFC 10)L	KEBOCORAN PADA FLANGE	LEVEL PELUMAS TURUN DIBAWAH KIRA-KIRA 50 GAL(188l)]	BAUT KENDOR	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 2.PENGECEKAN POLA PENGOPERASIAN 3PERIKSA KEBERSIHAN PERALATAN 4.PERIKSA KELAINAN SUARA, DILAKUKAN CLEANING JIKA DIPERLUKAN  5.PERIKSA KEBOCORAN MINYAK PELUMAS TERUTAMA DI DAERAH ELBOW 6.PENGECEKAN KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT
			KERUSAKAN PACKING		
			FLEXIBLE JOINT RUSAK		

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	FILTER PLUGGING/RUSAK	PRESSURE BERKURANG DIBAWAH 38 gpm PADA 100 psig,	KOTORAN	Usulan failure mode baru	1.PERIKSA KONDISI LUB OIL FILTER SECARA BERKALA 2.PENGGANTIAN LUB OIL FILTER YANG SUDAH KOTOR 3.OIL SAMPLING UNTUK MELIHAT KONDISI LUB OIL DAN MENDETEKSI APABILA LUB OIL SUDAH MULAI KOTOR
CLASSIFIER (LP10HFC 10)	KERUSAKAN/AUS PADA PLAT CLASSIFIER SEHINGGA BATUBARA YANG HABIS DI GRINDING BERUKURAN <200 MESH	1.PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2.PENURUNAN FISIENSI	BATUBARA KASAR SAAT HABIS DI GRINDING DENGAN UKURAN <200 MESH	Usulan failure mode baru	1.INSPEKSI PADA ORIFICE ATAU ELBOW UNTUK MEMERIKSA DESAIN ATAU KERUSAKAN KOMPONEN DAN MENGHITUNG FLOW PADA SETIAP COAL PIPE  2.PERIKSA KONDISI PLAT CLASSIFIER DAN BAUT BAUT PENGIKAT PLAT CLASSIFIER
COAL PIPE (LP10HFC 10)	KERUSAKAN/AUS PADA PLAT CLASSIFIER SEHINGGA BATUBARA YANG HABIS DI GRINDING BERUKURAN <200 MESH	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	FLOW MASING-MASING COAL PIPE TIDAK SAMA	Usulan Failure Mode Baru	INSPEKSI PADA ORIFICE ATAU ELBOW UNTUK MEMERIKSA DESAIN ATAU KERUSAKAN KOMPONEN DAN MENGHITUNG FLOW PADA SETIAP COAL PIPE

<b>Sub Equipme nt</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
GEAR BOX (LP10HFC 10)	KERUSAKAN SEAL	PELUMAS TERKONTAMINASI	BATUBARA MENEMBUS DAN MERUSAK SEAL	1. INTERNAL CHECK 2. PENGGANTIAN SEAL	1. BERSIHKAN BATUBARA
LUB OIL (LP10HFC 10)	KEBOCORAN COOLER	PELUMAS TERKONTAMINASI OLEH AIR	AIR PADA COOLER MENGONTAMINASI PELUMAS	1. PATROL CHECK 2. PREVENTIVE MAINTENANCE	1. PERBAIKAN COOLER 2. OIL SAMPLING
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BERUPA BATUBARA HALUS	1. PEMBAKARAN TIDAK SEMPURNA 2. PENURUNAN EFISIENSI	JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN YANG MASUK TIDAK MENCUKUPI	1. PATROL CHECK	MENAMBAH JUMLAH (FLOW) UDARA PEMBAKARAN
MILL (LP10HFC)	HASIL PYRITE BANYAK	1. KERUSAKN SCRAPPER 2. PENURUNAN EFISIENSI	5. TENSION SPRING KURANG 6. SETTING CLASSIFIER TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARANCE	1. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA 2. INTERNAL CHECK MILL

<b>Sub Equipme nt</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat Ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
MILL (LP10HFC)	MILL TERBAKAR	1. MILL TEMPERATURE HIGH DIATAS SUHU OPERASI NORMAL 65°C SAMPAI 82°C DAN TRIP 2. KERUSAKAN MATERIAL	1. FEED RATE BATUBARA TERLALU BANYAK 2. PLUGGING PADA OUTLET MILL 3. DEBU BATUBARA YANG TERBAKAR	1. PATROL CHECK 2. ADJUST CLEARANCE	3. MENURUNKAN FEEDRATE BATUBARA  4. PEMBERSIHAN PERALATAN DAN AREA DI SEKITARNYA
MILL (LP10HFC)	MILL BERGETAR PADA SAAT BERPUTAR DALAM KONDISI KOSONG	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK	1. MENGGANTI GRINDING ROLL 2. ADJUST SPRING

Sub Equipme nt	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL (LP10HFC)	MILL BERISIK PADA SAAT TERISI	KERUSAKAN BOWL	1. GRINDING ROLL TIDAK CENTER 2. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT 3. TERDAPAT MATERIAL ASING PADA BOWL 4. LINER TERLEPAS DAN JATUH KE BOWL 5. FEEDING BATUBARA KURANG	1. PATROL CHECK 2. INTERNAL CHECK	1. MENGGANTI GRINDING ROLL 2. PENGGANTIAN PERALATAN LINER.  3. MENAMBAH FEED BATUBARA
MILL (LP10HFC)	MAIN DRIVE SHAFT PATAH	MILL STOP	1. PENGATURAN TENSION TIDAK TEPAT	1. INTERNAL CHECK  2. ADJUST/RESTTING ROLL TENSION	1. INTERNAL CHECK 2. ADJUST/RESTTING ROLL TENSION
CLASSIFIER CONE (LP10HFC 10)	IMPACT DAMAGE	INFLUENCE COAL FINENESS <200 MESH	UPSTREAM (CRUSHER, FEEDER, MAGNETIC SEPARATOR) COMPONENT FAILURE	Usulan Failure Mode Baru	1. INTERNAL CHECK MILL 2. INSPECTION (UNUSUAL NOISE) 3. FINENESS TEST
	WEAR	INFLUENCE COAL FINENESS <200 MESH	ERROSION, NORMAL WEAR	Usulan failure mode baru	1. VISUAL INSPECTION BASED ON AMOUNT OF COAL PROCESSED 2. VISUAL INSPECTION BASED ON AMOUNT AND TYPE OF PYRITES IN COAL

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
LUB OIL (LP10HFC 10)	BERKURANGNYA PRESSURE LUBRIKASI DIBAWAH 38 gpm PADA 100 psig	KERUSAKAN KOMPONEN GEARBOX	1. KEBOCORAN PADA SISTEM PELUMASAN 2. KERUSAKAN POMPA 3. FILTER OLI KOTOR 4. VISCOSITAS PELUMAS RENDAH (MENGALAMI PENURUNAN)	Usulan Failure Mode Baru	1.PERIKSA KONDISI LUB OIL FILTER SECARA BERKALA  2.PENGGANTIAN LUB OIL FILTER YANG SUDAH KOTOR  3.OIL SAMPLING UNTUK MELIHAT KONDISI LUB OIL DAN MENDETEKSI APABILA LUB OIL SUDAH MULAI KOTOR
MILL (LP10HFC)	TEMPERATURE OUTLET MILL RENDAH / KURANG (65°C< OUTLET MILL <71°C)	MILL TIDAK BISA DIOPERASIKAN KARENA TEMPERATURE PERMIT UNTUK START TIDAK TERCAPAI (65°C< OUTLET MILL <71°C)	1. KONDISI BATUBARA YANG SANGAT LEMBAB/BASAH 2. HOT AIR GATE TIDAK DAPAT DIBUKA (OPEN FAULT) 3. TERJADI KERUSAKAN PADA HOT AIR DAMPER 4. TEMPERATURE PRIMARY AIR RENDAH 5. FLOW UDARA KURANG	Usulan Failure Mode Baru	1. PEMERIKSAAN/PERBAIKAN MEKANIK HOT AIR SLIDE GATE 2. PEMERIKSAAN/PERBAIKAN HOT AIR DAMPER, PENGGANTIAN SEAL PLATE DAN PEMERIKSAAN/PERBAIKAN JAMB SEAL 3. PEMERIKSAAN KEBOCORAN DUCTING PRIMARY AIR

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL MOTOR (LP10HFC 10)	AMPERE TINGGI	MILL TRIP	1. JUMLAH BATUBARA YANG TERLALU BANYAK 2. KONDISI BATUBARA SANGAT LEMBAB/BASAH 3. FINENESS BATUBARA YANG BERLEBIHAN 4. KEKUATAN GRINDING YANG BERLEBIHAN 5. BATUBARA KOSONG	Usulan failure mode baru	1. INTERNAL CHECK MILL 2. MENGURANGI JUMLAH FEEDRATE BATUBARA 3. MEMERIKSA / MENGKALIBRASI COAL FEEDER 4. MENGUJI NILAI KEKERASAN (HGI) BATUBARA 5. ADJUST CLASSIFIER BLADE 6. MEMERIKSA SPRING TENSION 7. MEMBERSIHKAN PLUGGING PADA INLET MILL
MILL MOTOR (LP10HFC 10)	AMPERE RENDAH	AUXILLARY POWER CONSUMTION	1. KERUSAKAN JOURNAL 2. FLOW BATUBARA KURANG 3. COUPLING MOTOR RUSAK / LEPAS	Usulan failure mode baru	1. INTERNAL CHECK MILL 2. MENGURANGI JUMLAH FEEDRATE BATUBARA 3. MEMERIKSA / MENGKALIBRASI COAL FEEDER 4. MENGUJI NILAI KEKERASAN (HGI) BATUBARA 5. ADJUST CLASSIFIER BLADE 6. MEMERIKSA SPRING TENSION 7. MEMBERSIHKAN PLUGGING PADA INLET MILL

Sub Equipme nt	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL TINGGI  DIATAS 3.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM	FLOW BATUBARA BERLEBIHAN (OVERLOAD) FINENESS BATUBARA TERLALU TINGGI FLOW UDARA PRIMARY BERLEBIHAN TERDAPAT LUBANG/CELAH DI SEKITAR BOWL	Usulan failure mode baru	1. MENGURANGI FLOW BATUBARA KE DALAM MILL 2. PERIKSA KEKERASAN BATUBARA (HGI) 3. ADJUST CLASSIFIER BLADES 4. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER 5. PERIKSA AIR FLOW CONTROL SYSTEM 6. LEPAS SATU RING AIR RESTRICTION PADA VANE WHEEL
MILL (LP10HFC)	DIFFERENTIAL PRESSURE BOWL RENDAH  DIBAWAH 1.5 kpa	PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM, UNBURN CARBON	PLUGGING INLET MILL FLOW BATUBARA KURANG KEBOCORAN TAPPING	Usulan failure mode baru	1. PEMERIKSAAN COAL FEEDER DAN BERSIHKAN PLUGGING PADA INLET MILL 2. PERIKSA PURGING AIR DAN BERSIHKAN PERALATAN INSTRUMENT PRESSURE TRANSMITTER
COAL PIPE (LP10HFC 10)	TIDAK ADA ALIRAN BATUBARA	1. FLAME LOSS 2. MILL IGNITION/COMBU STION	1. COAL PIPE BUNTU/PLUGGING 2. TIDAK ADA ALIRAN BATUBARA DARI COAL FEEDER/TERHALANG MATERIAL ASING 3. TERJADI PENYUMBATAN PADA ORIFICE	Usulan failure mode baru	1. MATIKAN COAL FEEDER DAN PERIKSA ALIRAN PADA COAL PIPE 2. KETUK COAL PIPE 3. LAKUKAN PEMBERSIHAN SECEPATNYA MASIH TERDAPAT PENYUMBATAN 4. PERIKSA COAL FEEDER DAN INLET MILL 5. PERIKSA PENGATURAN DAMPER PRIMARY AIR 6. MATIKAN MILL DAN ISOLASI. INSPEKSI, BERSIHKAN DAN PERBAIKI / GANTI ORIFICE



Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
MILL (LP10HFC)	COAL FINENESS TIDAK TEPAT DIBAWAH 200 MESH	1.PEMBAKARAN TIDAK OPTIMUM 2.UNBURN CARBON,POST COMBUSTION(APA BILA 200MESH <70%)	1. PENGATURAN CLASSIFIER TIDAK BENAR 2. SETTINGAN CLASSIFIER BLADE TIDAK SESUAI DENGAN KALIBRASI 3. KERUSAKAN (KASAR,CRACK) PADA PERMUKAAN DEFLECTOR BLADES 4. POSISI INVERTED CONE YANG TIDAK SEJAJAR 5. TERDAPAT LUBANG PADA INNER CONE DAN LINERS	Usulan failure mode baru	1. BUKA TUTUP DEFLECTOR BLADES SESUAI DENGAN UKURAN 2. KALIBRASI DEFLECTOR BLADES 3. PERIKSA ATAU PERBAIKI 3. ATUR JARAK CLEARANCE MINIMUM 3" 4. PERIKSA/PERBAIKI(TAMBAL) ATAU GANTI CONE ATAU LINERS SESUAI UKURAN
MILL MOTOR (LP10HFC 10)	OVERHEATING DIMANA SUHU MOTOR DIATAS SUHU KERJA NORMAL YAITU DIATAS 180°C	MILL TRIP	PENYUMBATAN VENTILASI UDARA SERINGKALI OLEH DEBU BATUBARA	Usulan failure mode baru	<div>1. PEMBERSIHAN COOLER MOTOR 2. PERIKSA TERMINASI GROUNDING 3. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE &amp; NDE (DCS) 4. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS) 5. PERIKSA AMPERE MOTOR 6. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR 7. BERSIHKAN PERALATAN</div> <div>1. PERIKSA KEBISINGAN 2. PERIKSA TEMPERATUR MOTOR 3. PERIKSA BAU ASAP 4. PERIKSA KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT</div>

Sub Equipme nt	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	ROTOR BAR RUSAK ATAU RETAK		1. PANAS 2. CACAT PABRIK 3. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TEMPERATUR COOLING 2. PERIKSA AMPERE MOTOR 3. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR
					1. PERIKSA VIBRASI MOTOR 2. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE & NDE (DCS) 3. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS)
	BEARING RUSAK		GAGAL PELUMASAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TEMPERATUR COOLING 2. PERIKSA AMPERE MOTOR 3. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR
					1. PERIKSA VIBRASI MOTOR 2. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE & NDE (DCS) 3. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS)
	WINDING RUSAK		1. USIA 2. ISOLASI RUSAK	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TAHANAN ISOLASI DAN UKUR TAHANAN BELITAN 2. PERIKSA KONEKSI WIRING DAN ISOLASI
LOCAL PANEL BOX (LP10HFC 10)	PERALATAN LOCAL PANEL BOX TIDAK MERESPONS SAAT DIOPERASIKAN DARI LOKAL	TIDAK BISA MENJALANKAN MILL DARI LOKAL	1. MASUKNYA DEBU BATUBARA 2. USIA	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL LOCAL PANEL BOX 2. PERIKSA KEKENCANGAN KONEKSI 3. BERSIHKAN PERALATAN
					1. PERMBERSIHAN MAGNETIC 2. PERIKSA PUSH BUTTON, SELECTOR SWITCH, LAMPU INDIKATOR

Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	New Failure Defense Task / Recommendation
ROTOR BARS & SHORTING RINGS (LP10HFC 10)	LONGGAR		1. CYCLE FATIGUE 2. THERMAL FATIGUE 3. DUTY CYCLE 4. DESIGN DE EFICIENCY	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING
					1. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 2. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 3. FLUX MONITORING

### **LAMPIRAN 3 FMEA MILL MOTOR**

<b>Sub Equipm ent</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Tindakan Saat ini</b>	<b>New Failure Defense Task / Recommendation</b>
MILL MOTOR	OVERHEATING DENGAN SUHU OPERASI DIATAS 180 DERAJAT CELCIUS	MILL TRIP	ISOLASI RUSAK,KORSLETING,AMPERE MOTOR TINGGI	Usulan failure mode baru	1. PEMBERSIHAN COOLER MOTOR 2. PERIKSA TERMINASI GROUNDING 3. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE & NDE (DCS) 4. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS) 5. PERIKSA AMPERE MOTOR 6. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR 7. BERSIHKAN PERALATAN
LOCAL PANEL BOX					1. PERIKSA KEBISINGAN 2. PERIKSA TEMPERATUR MOTOR 3. PERIKSA BAU ASAP 4. PERIKSA KEKENCANGAN BAUT PENGIKAT
	ROTOR BAR RUSAK ATAU RETAK	MILL TRIP	1. PANAS 2. CACAT PABRIK 3. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TEMPERATUR COOLING 2. PERIKSA AMPERE MOTOR 3. PERIKSA AMPRE HEATER MOTOR
					1. PERIKSA VIBRASI MOTOR 2. PERIKSA TEMPERATUR BEARING DE & NDE (DCS) 3. PERIKSA TEMPERATUR WINDING (DCS)

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	WINDING RUSAK	MILL TRIP	1. USIA 2. ISOLASI RUSAK	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TAHANAN ISOLASI DAN UKUR TAHANAN BELITAN 2. PERIKSA KONEKSI WIRING DAN ISOLASI
LOCAL PANEL BOX	TIDAK BISA DIOPERASIKAN	TIDAK BISA MENJALANKAN MILL DARI LOKAL	1. MASUKNYA DEBU BATUBARA 2. USIA	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL LOCAL PANEL BOX 2. PERIKSA KEKENCANGAN KONEKSI 3. BERSIHKAN PERALATAN
					1. PERMBERSIHAN MAGNETIC 2. PERIKSA PUSH BUTTON, SELECTOR SWITCH, LAMPU INDIKATOR
ROTOR BARS & SHORTING RINGS	LONGGAR	MILL TRIP	1. CYCLE FATIGUE 2. THERMAL FATIGUE 3. DUTY CYCLE 4. MANUFACTURE	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING 2. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 3. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 4. FLUX MONITORING
	DEFORMASI		LAMINASI BERGESER	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
SHORTI NG RINGS     ROTOR BARS & SHORTI NG RINGS	CRACKED		1. CYCLE FATIGUE 2. THERMAL FATIGUE 3. MANUFACTURE	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING
					1. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 2. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 3. FLUX MONITORING
	KOROSI		LINGKUNGAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN
	AUS		VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING
	CACAT MATERIAL		MANUFACTURE	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 3. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 4. FLUX MONITORING
					1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING
	INTERFERENSI MEKANIK		AUS PADA KOMPONEN YANG LAIN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI SHAFT, ROTOR, FRAME DAN MOUNTING

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	ANTARA ROTOR DAN STATOR				1. PERIKSA KEBISINGAN 2. PERIKSA VISUAL PERALATAN 3. PERIKSA ALIGNMENT
STATOR : WINDING S, BLOCKING, BRACING, SURGE RINGS INCLUDES WEDGES	KESALAHAN PADA WAKTU BLOCKING DAN BRACING	ALIRAN LISTRIK DAPAT MERAMBAT KELUAR DAN MEMBAHAYAKAN	1.DUTY CYCLE 2. PEMINDAHAN MATERIAL SEBELUM START 3. CACAT MANUFAKTUR 4. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. MELAKUKAN TES : · WINDING RESISTANCE · INSULATION RESISTANCE · POLARIZATION INDEXING · MOTOR CIRCUIT EVALUATION · AC HIGH POT. · DC STEP VOLTAGE · SURGE TESTING · POWER FACTOR TIP-UP TESTING
	DEGRADASI ISOLASI SEHINGGA ALIRAN LISTRIK DAPAT BOCOR KELUAR DAN MEMBAHAYAKAN	ALIRAN LISTRIK DAPAT MERAMBAT KELUAR DAN MEMBAHAYAKAN	1. PERGERAKAN PADA WAKTU START 2. DUTY CYCLE 3. CACAT MANUFAKTUR 4. KONTAMINASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. MELAKUKAN TES TAHANAN ISOLASI
			1. START YANG BERLEBIHAN 2. TEMPERATUR WINDING	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. REVIEW SOP 3. PERIKSA PENGGETASAN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
STATOR : WINDING, BLOCKING, BRACING, SURGE RINGS INCLUDES WEDGES			3. RADIASI 4. VIBRASI		MATERIAL 4. PERIKSA KEBERSIHAN PERLATAN
	SUPPORT BRACKET BERMASALAH	ALIRAN LISTRIK DAPAT MERAMBAT KELUAR DAN MEMBAHAYAKAN	MELENTUR PADA SAAT START DAN THERMAL EXPANSION DARI STATOR COIL	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. MELAKUKAN TES BORESCOPE
	AUS PADA ISOLASI MATERIAL	ALIRAN LISTRIK DAPAT MERAMBAT KELUAR DAN MEMBAHAYAKAN	PERPINDAHAN PADA WAKTU RUNNING	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. MELAKUKAN TES BORESCOPE
BEARING ANTI FRICTION	AUS	OVERHEATING PADA MOTOR KARENA BEARING AUS	1. PENURUNAN KUALITAS PELUMAS 2. DUTY CYCLE 3. TERLALU BANYAK PELUMAS 4. SOFT FOOT 5. PELUMAS TERLALU SEDIKIT 6. MISALIGNMENT	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA ALIGNMENT 2. PERIKSA INSULASI 3. PERIKSA KEBISINGAN



Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
			7.PANAS DARI PERCIKAN YANG DITIMBULKAN OLEH ALIRAN LISTRIK 8. BEBAN MEKANIS BERLEBIH 9. KESALAHAN SAAT PEMELIHARAAN 10. PENGGUNAAN PELUMAS YANG TIDAK TEPAT	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN KOMPONEN PM 2. PERIKSA LEVEL PELUMAS 3. REVIEW SOP
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA SUHU 3. PERIKSA SAMPLE PELUMAS
ROTOR : WINDIN G, WEDGE S, POLE PIECES, BANDIN G	DEGRADASI ISOLASI		1. JUMLAH START 2. DUTY CYCLE 3. PERGERAKAN PADA WAKTU START 4. KONTAMINASI 5. IN RUSH CURRENT 6. PANAS BERLEBIH 7. CACAT PABRIK 8. RADIASI 9. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA INSULASI
				Usulan failure mode baru	1. REVIEW SOP 2. PERIKSA PROSEDUR START YANG BERLAKU 3. PERIKSA KEBERSIHAN KOMPONEN
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA TEMPERATUR MOTOR
	LILITAN LONGGAR		1. GAYA AKIBAT ROTASI 2. PASAK LILITAN LONGGAR	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI
				Usulan failure mode baru	1. MELAKUKAN TES BORESCOPE 2. PERIKSA PASAK LILITAN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	KUTUB-KUTUB DAN PENGIKATNYA LONGGAR		1. DUTY CYCLE 2. PANAS BERLEBIH 3.PEMASANGAN YANG TIDAK TEPAT	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA SUHU MOTOR
				Usulan failure mode baru	1. MELAKUKAN TES BORESCOPE 2. PERIKSA JOINT DAN SAMBUNGAN KOMPONEN
FRAME, ENCLOSURE, MOUNTING	SALURAN UDARA TERSUMBAT		1.LINGKUNGAN 2. KEBOCORAN MINYAK	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN KOMPONEN
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA SUHU DENGAN TERMOGRAF
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBISINGAN
	RETAKAN		1. KESALAHAN PENGOPERASIAN 2. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA KONDISI KOMPONEN
	DEFORMASI		1. KESALAHAN PENGOPERASIAN 2. RUANG KOSONG PADA PONDASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA SUHU
				Usulan failure mode baru	1. REVIEW SOP
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA PONDASI MOTOR

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	SOFT FOOT		1. PONDASI MOTOR MENGALAMI KERUSAKAN 2. PEMASANGAN YANG TIDAK TEPAT	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA PONDASI MOTOR
	LONGGAR ATAU RUSAK		VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI
MOTOR LEADS	DEGRADASI INSULASI		1.PERGERAKAN PADA WAKTU START 2.TEMPERATUR BERLEBIH 3. CACAT MANUFAKTUR 4.KONTAMINASI 5. KERUSAKAN 6.PEMASANGAN YANG TIDAK TEPAT 7. PENGUJIAN YANG TIDAK TEPAT 8. CACAT PABRIK	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VISUAL PERALATAN 2. REVIEW SOP 3. PERIKSA KEBERSIHAN PERLATAN
				Usulan failure mode baru	1. TES TAHANAN ISOLASI
KIPAS ROTOR DAN HARDWARE	LAS LASAN RETAK		DUTY CYCLE	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA SAMBUNGAN LAS
	KOMPONEN LONGGAR		KESALAHAN PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. CEK VIBRASI 2. CEK KONDISI KOMPONEN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
				Usulan failure mode baru	1. REVIEW SOP
SPACE HEATER	ELEMEN YANG TERBUKA		1. USIA 2. KEGAGALAN SIRKUIT PENGONTROL	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN KOMPONEN 2. REVIEW SOP
				Usulan failure mode baru	1. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 2. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 3. FLUX MONITORING
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KALIBRASI INSTRUMEN
	SAMBUNGAN LONGGAR, RUSAK, ATAU GROUNDED		1. KESALAHAN PENGOPERASIAN 2. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. MOTOR CURRENT AND POWER SIGNATURE ANALYSIS 2. APPLIED VOLTAGE AND RUNNING CURRENT TESTING 3. FLUX MONITORING 4. REVIEW SOP
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA SUHU 2. PERIKSA VIBRASI

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
					3. PERIKSA KEKENCANGAN KONEKSI
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KALIBRASI INSTRUMEN
GASKET	KEBOCORAN		1. CACAT MATERIAL ATAU USIA 2. KESALAHAN PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN 2. REVIEW SOP
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA MATERIAL 2. PERIKSA KONDISI MATERIAL
POROS	AUS (AREA BANTALAN & KOPLING)		1. KARENA PEMAKAIAN 2. KONTAMINASI PELUMAS 3. KOROSI 4. MISALIGNMENT 5. ELEKTROLISIS	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA PELUMAS YANG DIGUNAKAN
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA SUHU BANTALAN 2. PERIKSA SAMBUNGAN ANTAR KOMPONEN 3. PERIKSA ALIGNMENT DARI BANTALAN KE KOMPONEN LAIN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
	KEKUATAN POROS DAN RETAKAN		1. CACAT PRODUKSI 2. AUS KARENA PEMAKAIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. PERIKSA PELUMAS YANG DIGUNAKAN
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KONDISI POROS 2. PERIKSA ALIGNMENT 3. PERIKSA MATERIAL POROS
	LONGGAR DAN MELENGKUNG		1. MOTOR BERHENTI DALAM JANGKA WAKTU LAMA TANPA ADANYA ROTASI PADA MOTOR	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI 2. RUNNING TEST
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA ALIGNMENT 2. PERIKSA KEBISINGAN
LAMINA SI ROTOR	KELELAHAN		1. JUMLAH PENYALAHAN (START) 2. SIKLUS MAGNET (HYSTERESIS) DAN TRANSIENT 3. KECEPATAN ROTOR	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI MESIN

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
LAMINA SI ROTOR	KERUSAKAN INSULASI		1. PANAS BERLEBIH PADA SAAT OPERASI 2. KONTAMINASI 3. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU BEARING DAN KUMPARAN
				Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI MESIN
	BAGIAN YANG LONGGAR		1. PENGATURAN KELONGGARAN ROTOR 2. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI MESIN
	KERUSAKAN ATAU CACAT		1. KESALAHAN PADA METODE PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU BEARING DAN KUMPARAN
LAMINA SI ROTOR	KOTOR		1. KONTAMINASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KEBERSIHAN PADA ROTOR

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
SANGK AR ROTOR	LONGGAR		1. JUMLAH PENYALAAAN (START) 2. CACAT PABRIK 3. CACAT LAS	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI ROTOR 2. PERIKSA SUHU BEARING
LAMINA SI STATOR	KERUSAKAN INSULASI		1. SIKLUS KERJA 2.KONTAMINASI 3.PANAS BERLEBIH PADA SAAT OPERASI 4. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU BEARING DAN KUMPARAN 2. PERIKSA LOSSES PADA INTI STATOR 3. PERIKSA ARUS LISTRIK BERLEBIH (OVERCURRENT)
LAMINA SI STATOR	KERUSAKAN		1. KESALAHAN METODE PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU BEARING DAN KUMPARAN



Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
LAMINA SI STATOR	LONGGAR		1. VIBRASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA VIBRASI
LAMINA SI STATOR	CACAT PABRIK		1. KESALAHAN METODE PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU BEARING DAN KUMPARAN
KONEKSI LISTRIK	LONGGAR		1. FAKTOR USIA	Usulan failure mode baru	1. TES ELEKTRIKAL MELIPUTI: -PEMERIKSAAN FLUKS -PEMERIKSAAN TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK SAAT PENGOPERASIAN 2. PERIKSA DENGAN THERMOGRAF YANG MENCAKUP : -PERIKSA SUHU KONEKSI ANTAR MOTOR UTAMA DAN MOTOR PEMANAS SERTA KABEL POWER -PERIKSA PERBEDAAN SUHU AMBIENT -PERIKSA SUHU

Sub Equipm ent	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat ini	New Failure Defense Task / Recommendation
KABEL UNTUK SPACE HEATER	DEGRADASI INSULASI		1. FAKTOR USIA	Usulan failure mode baru	1. PEMERIKSAAN ELEKTRIKAL OFF-LINE MELIPUTI: -TAHANAN KUMPARAN -TAHANAN INSULASI -INDEKS POLARISASI -STEP TEGANGAN DC
TUTUP NAFAS & VENTILASI PENGLIHATAN KASAT MATA (BREATHING CAPS & SIGHT GLASS VENT)	BLOCKED		1. KONTAMINASI 2. KESALAHAN INSTALASI	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA KONTAMINAN 2. PERIKSA KEBERSIHAN KOMPONEN
	BLOCKED KARENA INSTALASI YANG TIDAK LAYAK		1. KESALAHAN METODE PENGOPERASIAN	Usulan failure mode baru	1. PERIKSA SOP

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Hyoga Rio Pratama Ramadhan, merupakan putra nomor 1 dari 2 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Haryono dan Ibu dari penulis bernama Sri Wahyuningsih. Lahir pada tanggal 9 Februari 1996, di Kota Surabaya, Jawa Timur, dan sekarang berdomisili di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri Baleharjo 2 Kabupaten Pacitan, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Kabupaten Pacitan, jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Pacitan, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang Marine Operation and *Maintenance* (MOM). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia Bangkalan, Madura dan PT.PJB UBJOM Sudimoro Pacitan. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Maritime Challenge ITS pada tahun 2014, merupakan panitia dari Indonesia Maritime Challenge tahun 2015, 2016 di Pulau Bawean, Gresik, menjabat sebagai wakil ketua seksi perlengkapan dan merupakan konseptor perlengkapan Indonesia Maritime Challenge pada tahun 2017 di Pulau Gili Genting Madura. Marine Icon 20015, 2016, dan 2017 HIMASISKAL ITS,. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar, Pelatihan Sketch up HIMASISKAL, dan Pelatihan Softskill dan Hardskill Development Maritime Challenge. Penulis dapat dihubungi melalui [hyogario@gmail.com](mailto:hyogario@gmail.com).